



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA AMBIENTAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA AMBIENTAL

PRISCILA BARBOZA GUAITOLINI

**ESTUDO DESCRITIVO DA CIRCULAÇÃO SOBRE A PLATAFORMA
INTERNA E O EFEITO ILHA: ESTUDO DE CASO DE GUARAPARI (ES)**

**ARACRUZ
2010**

PRISCILA BARBOZA GUAITOLINI

ESTUDO DESCRITIVO DA CIRCULAÇÃO SOBRE A PLATAFORMA
INTERNA E O EFEITO ILHA: ESTUDO DE CASO DE GUARAPARI (ES)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Oceanografia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Renato David Ghisolfi

ARACRUZ

2010

AGRADECIMENTOS

Durante os dois anos e meio que foram empregados na realização deste trabalho várias pessoas passaram por minha vida contribuindo de várias formas.

Em primeiro lugar sempre virão meus pais, pois sem o apoio e incentivo deles não chegaria a me tornar Mestre. Esse título e todo esforço para tê-lo é dedicado a vocês.

Agradeço ao meu orientador Renato David Ghisolfi por me orientar e mostrar bons caminhos ao longo do curso. Obrigada por ficar nas noites lendo meu trabalho e respondendo meus e-mails de madrugada!

Agradeço também aos membros da banca examinadora, professor Alex Cardoso Bastos, que me acompanhou e ajudou desde a graduação, e ao professor Maurício Almeida Noernberg, que se dispôs a viajar desde a UFPR até a base oceanográfica do PPGOAM para me avaliar e contribuir com mais informações.

Ao professor Ilson Carlos Almeida da Silveira, do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, por me receber de forma tão carinhosa em seu laboratório e me apoiar por todo o período de aulas.

À minha amiga do peito Leilane dos Passos que me recebeu de braços abertos, dividindo tudo o que podia comigo durante o período que fiquei em São Paulo.

Aos amigos da turma de mestrado da UFES e do IO, que contribuíram com conhecimento e amizade.

À Juliana Kerckhoff pela ajuda com a carta náutica.

É importante lembrar que esse trabalho não seria possível sem o apoio do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) e o imprescindível apoio da CAPES aos alunos que se dispõem a passar mais tempo na universidade para gerar conhecimento sobre as áreas do oceano e ciências em geral.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a circulação sobre uma região da plataforma continental interna ao largo da cidade de Guarapari (ES). Os dados são fruto do monitoramento do recife artificial marinho Victory 8B. O principal objetivo deste estudo foi caracterizar e avaliar o padrão da circulação baseado em três conjuntos de dados quase-sinóticos (23 de Junho de 2006, 8 de Março de 2007 e 26 de Outubro de 2007) coletados com auxílio de um perfilador acústico de correntes (ADCP). Esses dados foram comparados com o padrão de ventos e com o perfil termohalino. O processamento dos dados envolveu a remoção de *spikes*, suavização por média móvel, retirada do sinal da maré por meio de dados de modelagem numérica, e interpolação linear baseada em triangulação. Os resultados mostraram que as velocidades em Outubro de 2007 foram as mais intensas, seguido dos dados de Março de 2007 e, por último, Junho de 2006. As médias de velocidade foram, respectivamente, 0.28 m.s^{-1} , 0.21 m.s^{-1} e 0.19 m.s^{-1} . As orientações se mantiveram sempre para SW. Junho e Outubro exibiram semelhanças no padrão de circulação, apresentando um oceano em duas camadas para a componente perpendicular à costa, sendo a porção mais superficial direcionada ao oceano e as mais profundas em direção à costa. Além disso, também foi observado nessas mesmas campanhas a rotação ciclônica dos vetores resultantes de correntes. Essas características mostraram semelhanças com os processos de ascensão de água. Março se mostrou atípico, mantendo a mesma orientação ao longo de toda a coluna de água (223.27°), possivelmente devido à sobreposição de uma forçante à forçante do vento. O efeito ilha foi avaliado e, de acordo com as observações dos campos de velocidade e das componentes paralela e perpendicular à costa, foram notadas características semelhantes a vórtices gerados pelas Ilhas Rasas, sendo concordante com o cálculo do parâmetro de ilha P .

Palavras chave: ilha, corrente, circulação.

ABSTRACT

This study evaluated the circulation in the inner continental shelf along the city of Guarapari (ES) using data collected during the Victory 8B artificial reef monitoring. The goal of this study was to characterize and analyze the hydrodynamics in this region using three sets of ADCP data sets (June 23, 2006, 8 Mar 2007 and 26 October 2007). The current data processing included the exclusion of bad data, removal of the tidal signal using a barotropic tidal modeling information, the use of a running-average filter and triangle-based cubic interpolate onto produce horizontal and vertical maps. The results showed that average current were southwestward with most intense speeds in October 2007 (0.28 m.s^{-1}) followed by March 2007 (0.21 ms^{-1}) and June 2006 (0.19 ms^{-1}). Cross-shore transects showed a two-layer ocean in June and October. The flow was directed offshore close to the surface and onshore in the remaining of the water column. Moreover the currents rotated cyclonically with the increase in depth. These patterns were similar to the upwelling processes along the coast regions. This scheme was not observed in March when the currents were southwestward from top to bottom even though the winds were northeast suggesting that an external force not yet considered in this analysis is driving the system. Regarding the island effect it was observed in all three data sets the presence of a wake caused by the Ilhas Rasas that maybe associated with the release of eddies, in accordance with the Island Parameter **P** estimated.

Keywords: island, current, circulation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	13
3 ÁREA DE ESTUDO	14
3.1 A Região entre as ilhas Rasas e Escalvada	14
3.2 Caracterização Meteoceanográfica	15
4 METODOLOGIA	21
4.1 Coleta e Tratamento dos Dados de Corrente	22
4.2 Coleta e Tratamento dos Dados de Vento	23
4.3 Dados de Correntes de Maré	24
4.4 Coleta e Tratamento dos Dados Termohalinos	24
4.5 Análise da Influência das Ilhas sobre o Escoamento	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5.1 Análise Geral do Campo Termohalino e de Correntes	28
5.2 Avaliação do Escoamento Médio	67
5.3 Avaliação do Efeito lha	72
5.4 Avaliação das Correntes de Maré sobre o Escoamento	79
6 CONCLUSÕES	82
7 TRABALHOS FUTUROS	83

8 REFERÊNCIAS	84
ANEXOS	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1-1: Localização da área de estudo, com destaque para a plataforma interna de Guarapari – ES e para a presença das ilhas Rasas e Escalvada (CARTA Náutica 1402).	14
Figura 3.2-1: Padrão de ventos que chegam à costa brasileira nos meses de Janeiro (à esquerda) e Julho (à direita). Fonte: Castro & Miranda, 1998.	16
Figura 3.2-2: Pontos anfidrômicos no Atlântico Sul. Fonte: Mesquita, 1997.	17
Figura 3.2-3: Imagem de TSM retratando a ressurgência costeira sobre a plataforma do ES. Fonte: Schmid <i>et al.</i> (1995).	18
Figura 3.2-4: Cálculo do rotacional do stress do vento baseado em dados (2000-2004) do QuikScat para a região entre 16 e 27° S. Fonte: Castelão e Barth, 2006.	19
Figura 4-1: Área de estudo com destaque para os 12 pontos de coleta dos dados termohalinos (asteriscos) e das 10 radiais para a coleta dos dados de corrente (pontos azuis).	21
Figura 4.1-1: Grade de interpolação dos dados de corrente.	23
Figura 5.1-1: Distribuição vertical de temperatura, salinidade e anomalia de densidade para os três campos.	29
Figura 5.1-2: Direção e magnitude média da corrente para o os três campos de coleta.	30
Figura 5.1-3: Distribuição horizontal do campo de correntes para 23 de Junho de 2006 para as células de 4,23 m e 6,23 m.	32
Figura 5.1-4: Distribuição horizontal do campo de correntes para 23 de Junho de 2006 para as células de 8,23 m e 10,23 m.	33

Figura 5.1-5: Distribuição horizontal do campo de correntes para 23 de Junho de 2006 para as células de 12,23 m e 14,23 m.	34
Figura 5.1-6: Distribuição horizontal do campo de correntes para 23 de Junho de 2006 para as células de 16,23 m e 18,23 m.	35
Figura 5.1-7: Distribuição horizontal do campo de correntes para 23 de Junho de 2006 para as células de 20,23 m e 22,23 m.	36
Figura 5.1-8: Distribuição horizontal do campo de correntes para 23 de Junho de 2006 para a célula de 24,23 m.	37
Figura 5.1-9: Efeito ilha à sombra das ilhas Rasas para o campo de 23 de Junho de 2006 para as células de 4, 6, 8, 10, 12, 14, 20 e 22 m.	38
Figura 5.1-10: Campo de correntes com a presença de vórtices gerados pelo efeito ilha. Fonte: Neill & Elliott (2004).	39
Figura 5.1-11: Distribuição horizontal do campo de correntes para 8 de Março de 2007 para as células de 4,23 m e 6,23 m.	40
Figura 5.1-12: Distribuição horizontal do campo de correntes para 8 de Março de 2007 para as células de 8,23 m e 10,23 m.	41
Figura 5.1-13: Distribuição horizontal do campo de correntes para 8 de Março de 2007 para as células de 12,23 m e 14,23 m.	42
Figura 5.1-14: Distribuição horizontal do campo de correntes para 8 de Março de 2007 para as células de 16,23 m e 18,23 m.	43
Figura 5.1-15: Distribuição horizontal do campo de correntes para 8 de Março de 2007 para as células de 20,23 m e 22,23 m.	44
Figura 5.1-16: Distribuição horizontal de correntes para o campo de 8 de Março de 2007 para a célula de 24,23 m.	45

Figura 5.1-17: Efeito ilha à sombra das ilhas Rasas para o campo de 8 de Março de 2007 para as células de 4, 6, 8, 10, 12, 14, 20 e 22 m.	46
Figura 5.1-18: Distribuição horizontal do campo de correntes para 26 de Outubro de 2007 para as células de 4,23 m e 6,23 m.	47
Figura 5.1-19: Distribuição horizontal do campo de correntes para 26 de Outubro de 2007 para as células de 8,23 m e 10,23 m.	48
Figura 5.1-20: Distribuição horizontal do campo de correntes para 26 de Outubro de 2007 para as células de 12,23 m e 14,23 m.	49
Figura 5.1-21: Distribuição horizontal do campo de correntes para 26 de Outubro de 2007 para as células de 16,23 m e 18,23 m.	50
Figura 5.1-22: Distribuição horizontal do campo de correntes para 26 de Outubro de 2007 para as células de 20,23 m e 22,23 m.	51
Figura 5.1-23: Distribuição horizontal e vertical da corrente para o campo de 26 de Outubro de 2007 para a célula de 24,23 m.	52
Figura 5.1-24: Efeito ilha à sombra das ilhas Rasas para o campo de 26 de Outubro de 2007 para as células de 4, 6, 16, 18, 20 e 22 m.	53
Figura 5.1-25: Distribuição vertical da componente u para o campo de 23 de Junho de 2006 para as radiais de 1 a 6.	55
Figura 5.1-26: Distribuição vertical da componente u para o campo de 23 de Junho de 2006 para as radiais de 7 a 10.	56
Figura 5.1-27: Distribuição vertical da componente v para o campo de 23 de Junho de 2006 para as radiais de 1 a 6.	57
Figura 5.1-28: Distribuição vertical da componente v para o campo de 23 de Junho de 2006 para as radiais de 7 a 10.	58

Figura 5.1-29: Distribuição vertical da componente u para o campo de 8 de Março de 2007 para as radiais de 1 a 6.	59
Figura 5.1-30: Distribuição vertical da componente u para o campo de 8 de Março de 2007 para as radiais de 7 a 10.	60
Figura 5.1-31: Distribuição vertical da componente v para o campo de 8 de Março de 2007 para as radiais de 1 a 6.	61
Figura 5.1-32: Distribuição vertical da componente u para o campo de 8 de Março de 2007 para as radiais de 7 a 10.	62
Figura 5.1-33: Distribuição vertical da componente u para o campo de 26 de Outubro de 2007 para as radiais de 1 a 6.	63
Figura 5.1-34: Distribuição vertical da componente u para o campo de 26 de Outubro de 2007 para as radiais de 7 a 9.	64
Figura 5.1-35: Distribuição vertical da componente v para o campo de 26 de Outubro de 2007 para as radiais de 1 a 6.	65
Figura 5.1-36: Distribuição vertical da componente v para o campo de 26 de Outubro de 2007 para as radiais de 1 a 9.	66
Figura 5.2-1: Componentes paralela (u) e perpendicular à costa (v), direção e magnitude do vento para o mês de Junho de 2006, Março de 2007 e 26 de Outubro de 2007, respectivamente.	70
Figura 5.2-2: Imagens de clorofila-a (mg.m^{-3}) a partir de informações obtidas pelo sensor MODIS do satélite Acqua para o dia 23 de Junho de 2006, 8 de Março de 2007 e 28 de Outubro de 2007, respectivamente.	71
Figura 5.3-1: Exemplo da formação de vórtices após a passagem de uma corrente por um obstáculo. Fonte: Tomczak (1998).	74

Figura 5.3-2: Efeito ilha gerado pelas ilhas Rasas para o campo de 23 de Junho de 2006 (superior esquerdo), 8 de Março de 2007 (superior direito), 26 de Outubro de 2007 (inferior esquerdo) e campo de correntes encontrado por Neill & Elliott (2004) (inferior direito).	75
Figura 5.3-3: Componente paralela à costa para a radial 8 para o campo de Junho de 2006. Em destaque, no centro, feição gerada pelas ilhas Rasas.	76
Figura 5.3-4: Radiais 5 e 6 para o campo de Março de 2007 evidenciando modificação imposta pelas ilhas Rasas na distribuição vertical de u .	77
Figura 5.3-5: Distribuição de u para a radial 8 para o campo de Outubro de 2007.	77
Figura 5.3-6: Padrões sonográficos entre as ilhas Rasas e Escalvada para os dias 8 de Março de 2007 e 18 de Outubro de 2006, respectivamente. Fonte: Bastos <i>et al.</i> (2007).	79
Figura 5.4-1: Fase da maré durante as coletas dos dias 23 de Junho de 2006, 8 de Março de 2007 e 26 de Outubro de 2007.	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.2-1: Características termohalinas da AT e ACAS. Fonte: Emilson, 1961.	20
Tabela 4.5-1: Valores de P e as respectivas características apresentadas em um escoamento real com a presença de ilha. Fonte: Wolanski (1984).	27
Tabela 5.3-1: Valores de U , K_z e P para as ilhas Escalvada e Rasas.	73
Tabela 5.3-2: Valores de P e as respectivas características apresentadas em um escoamento real com a presença de ilhas. Fonte: Wolanski (1984).	73
Tabela A-1: Valores médios da magnitude e direção da corrente por profundidade para os três conjuntos de dados avaliados.	93
Tabela A-2: Magnitudes médias das componentes u e v por profundidade para os três conjuntos de dados avaliados. Além do valor médio a última coluna lista a média geral de toda a área amostrada.	94

1 INTRODUÇÃO

O estudo da hidrodinâmica marinha não se restringe apenas a entender o movimento das correntes oceânicas, mas é uma das principais ferramentas para se chegar ao entendimento de vários processos que ocorrem no oceano, como a dispersão de organismos planctônicos, poluentes, nutrientes e sedimento, previsão de fenômenos oceanográficos que possam refletir na costa ou em estruturas presentes sobre a plataforma. Devido a isso, é de grande importância e necessidade o desenvolvimento de estudos que visam caracterizar a hidrodinâmica marinha, principalmente das regiões costeiras e sobre a plataforma continental, para entender como o oceano se comporta frente às forças responsáveis pela movimentação da água.

Locais rasos sobre a plataforma com a presença de ilhas são exemplos de regiões com circulação marinha peculiar. Essas áreas geralmente apresentam circulação diferenciada, com presença de grande cisalhamento horizontal no campo de correntes favorecendo a geração de meandros e vórtices. Este padrão diferenciado de circulação devido à presença de ilhas é denominado na literatura de efeito ilha e, devido à área de estudo se localizar sobre uma região da plataforma interna com a presença de ilhas, maior atenção foi dada à mudança na circulação imposta pela presença dessas feições.

A coleta dos dados de corrente para o desenvolvimento deste trabalho utilizou um perfilador acústico de correntes (ADCP - *Acoustic Doppler Current Profiler*). Estes aparelhos já são utilizados há alguns anos, pois é o que há de mais moderno para aquisição deste tipo de dados, sendo possível cobrir áreas extensas ou adquirir séries temporais com boa precisão, perfilando a coluna de água até regiões de mais de 1000 m de profundidade (RDI, 2010).

O local de coleta dos dados de corrente faz parte da região marinha da cidade de Guarapari onde são realizadas diversas atividades econômicas, tais como pesca, turismo e mergulho submarino, que se destina à visitação dos arredores do complexo insular que compreende as ilhas Rasas, Escalvada e o arquipélago das Três Ilhas, e os naufrágios do veleiro Enseada e do pesqueiro Guarani.

A partir de 3 de Junho de 2003 a atividade de mergulho submarino foi fomentada pelo afundamento controlado de um navio de bandeira grega, denominado Victory 8B,

abandonado há anos na região costeira da cidade. O local de criação do recife artificial foi escolhido cuidadosamente, compreendendo a região central entre as ilhas Rasas e Escalvada.

Com a criação do recife surgiu, em 2004, a possibilidade de avaliar a área em questão através de um convênio firmado entre o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), responsável pelo projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM), e a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). A parceria entre IEMA e UFES, além de possibilitar a avaliação do campo hidrodinâmico e do campo termohalino, também gerou conhecimento à cerca dos processos sedimentares, químicos e biológicos sobre a região, que deram origem a uma série de trabalhos. Dentre estes podem ser citados os realizados por Veronez Jr. (2005), que avaliou os processos sedimentares associados ao recife; Oliveira (2005) e Leal (2009), que, respectivamente, caracterizaram e quantificaram a comunidade fitoplanctônica; Souza (2007) e Mill (2006), que avaliaram, respectivamente, a variação temporal no padrão de sedimentação entre as Ilhas Rasas e Escalvada e o transporte de sedimentos; Moscon (2006), que avaliou as formas e tipos de fundo do local; e Toffoli (2006) e Guaitolini (2007), que caracterizaram o padrão de correntes. Além destes trabalhos, uma série de relatórios trimestrais foram elaborados envolvendo ainda a caracterização da química marinha (Neto *et al.*, 2007), da sedimentologia e morfologia local (Bastos *et al.*, 2007), da comunidade zooplanctônica (Fernandes *et al.*, 2007), da comunidade ictioplanctônica (Joyeux & Brilhante, 2007) e fitoplanctônica (Dias *et al.*, 2007), do padrão de correntes (Ghisolfi & Tofolli, 2007) e termohalino (Ghisolfi *et al.*, 2007).

Com uma série de informações oceanográficas em mãos, coletadas durante o monitoramento do recife artificial, o objetivo deste estudo foi reavaliar o campo hidrodinâmico e termohalino para caracterizar a circulação sobre uma área da plataforma interna do ES. Com isso, este trabalho vem ser o pioneiro no estudo da circulação sobre a plataforma interna do estado baseado em dados coletados *in situ*.

2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

O objetivo deste trabalho é descrever os processos de circulação sobre uma área da plataforma interna baseado em três conjuntos de dados quase-sinóticos, buscando entender como os processos envolvidos no movimento da água interagem entre si para desenvolver os diferentes padrões de circulação encontrados. Para atingir este objetivo foram realizadas as seguintes etapas:

- Caracterizar e avaliar o padrão de correntes medidos em três campanhas de coleta de dados, a saber: 23 de Junho de 2006, 8 de Março de 2007 e 26 de Outubro de 2007.
- Comparar a circulação média para cada campo com o padrão de ventos e termohalino encontrado para cada período de coleta.
- Avaliar as modificações no campo de correntes da região de estudo devido à presença das ilhas Rasas e Escalvada.

Moscon (2006), por meio de dados de sonar de varredura lateral, observou entre as ilhas Rasas e Escalvada, diferentes tipos de fundo de acordo com os padrões de reflexão. A partir destes padrões foi possível identificar nas regiões mais à *offshore* a presença de locais com afloramentos rochosos ou bancos de algas calcárias associados a cascalho biodetrítico; areias médias e grossas, encontradas em várias localidades ao longo da área de estudo; e areias finas e muito finas, encontradas como manchas sobre a região formadas pela passagem de sistemas frontais.

As variações quantitativas do fitoplâncton avaliadas por Leal (2009) na área em questão, resultaram na identificação de espécies caracteristicamente oceânicas, sendo representadas principalmente por diatomáceas e dinoflagelados. Fernandes *et al.* (2007) também encontraram exemplares de alguns taxa na comunidade zooplanctônica, que, de acordo com os autores, são indicativos da ocorrência de águas oceânicas e de ressurgência, como *Pseudoscopelus* sp., Melanostomidae e Myctophidae.

Toffoli (2006) e Guaitolini (2007) analisaram, separadamente, três conjuntos de dados de correntes (23/06/2006 e 08/03/2007) coletados entre as Ilhas Rasas e Escalvada e concluíram que o escoamento médio se direcionava para SW e possuía velocidades médias de, respectivamente, 0.20 e 0.23 m.s⁻¹.

3.2 Caracterização Meteocceanográfica

De acordo com Köppen (1948), o clima predominante no estado é caracterizado por ser quente e úmido, possuindo duas estações definidas. A primeira é marcada por um período de estiagem que vai de abril a setembro com frentes frias em número abundante, responsáveis por gerar chuvas episódicas e intensas. Já a segunda, que caracteriza o verão, vai de outubro a março e apresenta altas taxas de precipitação.

Devido a sua localização, o litoral do Brasil está sob a influência de um sistema meteorológico de larga escala permanente sobre o mar, denominado Anticiclone ou Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), podendo ser identificado, na composição de imagens de satélite, como uma banda de nebulosidade que se estende desde o Sul da região Amazônica até a região central do Atlântico Sul (CEPETEC, 2010).

Este sistema é o responsável pela geração dos ventos de Leste a Nordeste que chegam à região e pode mudar sazonalmente, fazendo com que a magnitude e a direção dos ventos sejam afetadas. De acordo com Nimer (1989), o Anticiclone Semifixo do Atlântico é mais fraco no verão e mais forte no inverno. Quanto à posição média, em Janeiro está próximo a 28° S e em Julho se localiza em torno de 23° S.

A Figura 3.2-1 exibe o padrão de ventos que chega à costa brasileira para os meses de Janeiro, caracterizando um padrão de verão, e Julho, caracterizando o inverno (Castro & Miranda, 1998).

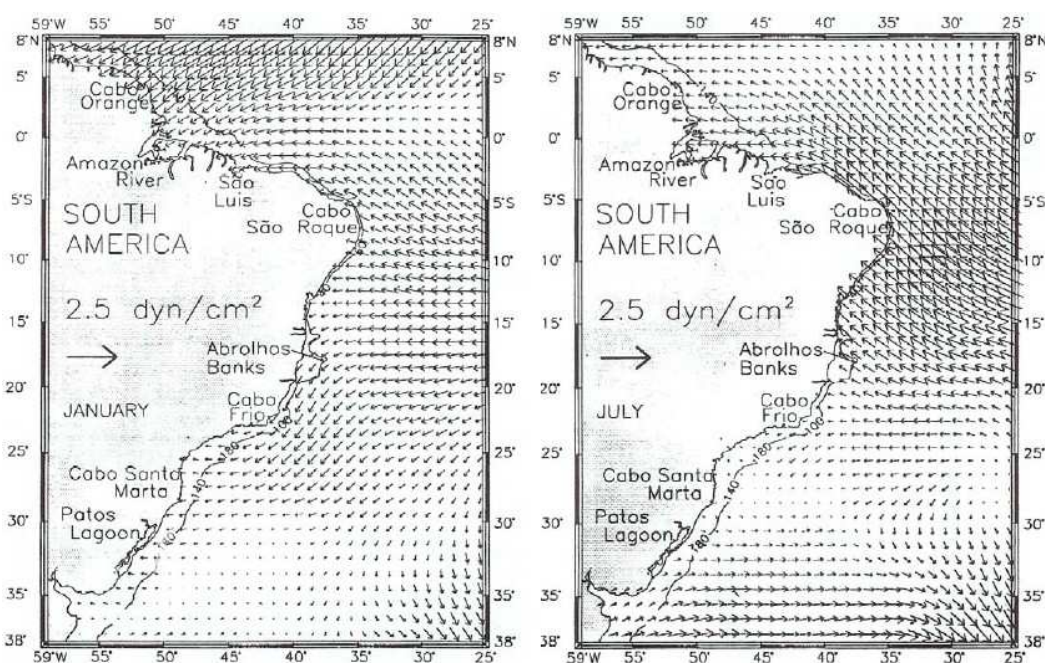


Figura 3.2-1: Padrão de ventos que chega à costa brasileira nos meses de Janeiro (à esquerda) e Julho (à direita). Fonte: Castro & Miranda, 1998.

A maré, outra importante forçante sobre a plataforma continental, de acordo com a Fundação de Estudos do Mar (FEMAR) é caracterizada no litoral capixaba como um regime de micro-marés semidiurnas, com amplitudes inferiores a 2.0 m.

A Figura 3.2-2 mostra o sistema anfidrômico da componente M2 da maré no Oceano Atlântico Sul (Mesquita, 1997). De acordo com a disposição destes pontos é possível

verificar que a costa do estado do ES encontra-se sob a influência, principalmente, do ponto localizado mais a oeste, em 32° S e 45° W.

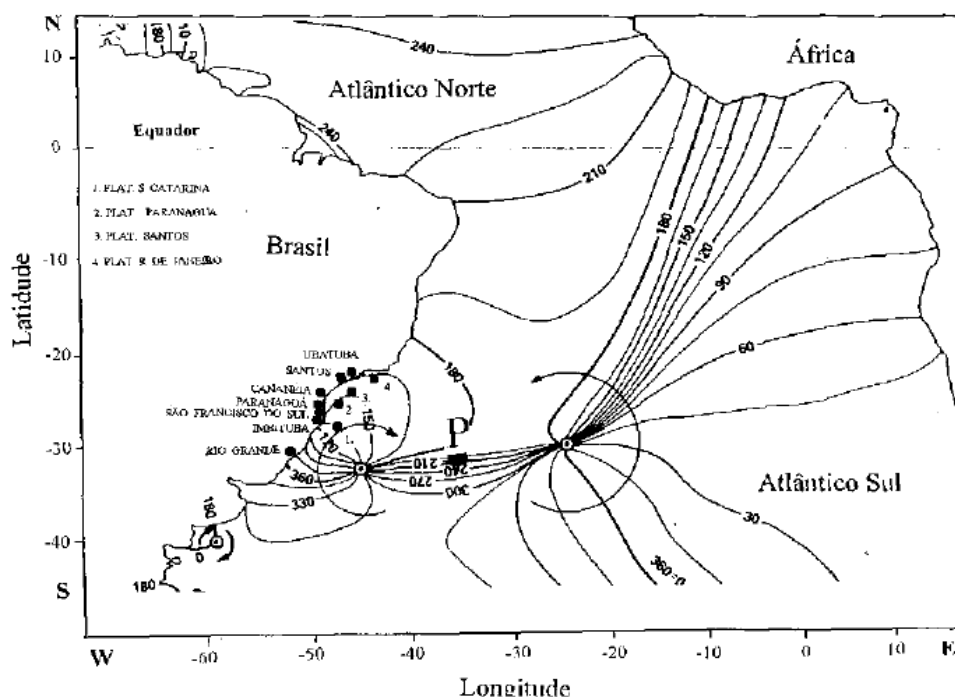


Figura 3.2-2: Pontos anfídromicos no Atlântico Sul. Fonte: Mesquita, 1997.

Segundo Clarke (1991) o sentido de giro das elipses de maré é fortemente influenciado pela topografia local. Pereira *et al.* (2005) acrescentou que, além deste fator, o padrão do escoamento sobre a plataforma associado às marés também é modificado pela tipologia da linha de costa e as condições climáticas da região.

No que se refere aos processos de circulação sobre a plataforma do ES, os poucos trabalhos existentes fazem referência a regiões específicas e semi-fechadas do estado, como por exemplo o realizado na baía de Vitória por Rigo (2004) e na baía do ES por Nunes (2007) e Menezes (2005). Dentro do âmbito acadêmico são desconhecidas por esta autora informações à cerca do campo hidrodinâmico sobre a plataforma interna do ES. Os trabalhos disponíveis se referem aos processos de meso e larga escala, como a propagação da Corrente do Brasil (CB) e o vórtice de Vitória, cuja dinâmica foi avaliada por Schmid *et*

al. (1995). Estes autores constataram a presença do fenômeno da ressurgência no estado, associando-o aos ventos de Nordeste.

A Figura 3.2-3 exibe uma imagem de satélite da temperatura da superfície do mar (TSM), mostrando água relativamente mais fria, aproximadamente 20°C, próxima à costa.

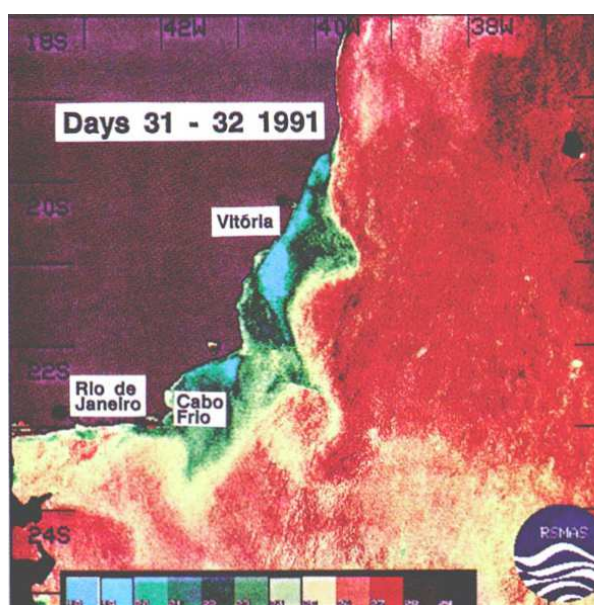


Figura 3.2-3: Imagem de TSM retratando a ressurgência costeira sobre a plataforma do ES. Fonte: Schmid *et al.* (1995).

Um fenômeno de ressurgência muito documentado na costa brasileira é o que ocorre em Cabo Frio (RJ), sendo caracterizado por intrusões de Água Central do Atlântico Sul (ACAS) forçada por ventos de NE (Silva, 1971; Silva & Rodrigues, 1966). Mascarenhas *et al.* (1971) indicaram que a oscilação do eixo da CB, a intensidade da corrente costeira e a topografia de fundo como fatores combinados, também resultavam em ressurgência costeira e mostraram que os afloramentos da ACAS ocorriam a distâncias menores do que 20 km da costa.

Lorenzetti *et al.* (2009) mostrou que a “frente de densidade da Corrente do Brasil”, como denominado pelo autor, chega a alcançar os 20° S, sendo caracterizada como uma região de gradientes de temperatura resultante da ressurgência conduzida pelos ventos de Nordeste.

Castelão e Barth (2006) calcularam o rotacional do stress do vento baseado em dados do QuikScat considerando uma média entre 2000 e 2004. Como pode ser observado na Figura 3.2-4 o cálculo do rotacional foi negativo para as regiões desde Caravelas (BA) até a ilha de São Sebastião (SP), sendo favorável à geração de *upwelling*.

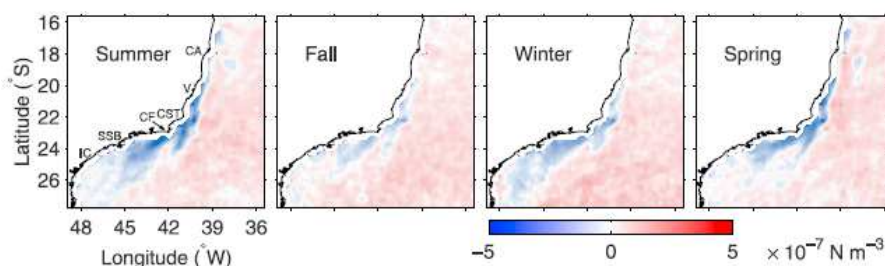


Figura 3.2-4: Cálculo do rotacional do stress do vento baseado em dados (2000-2004) do QuikScat para a região entre 16° e 27° S. Fonte: Castelão e Barth, 2006.

Contrariamente à escassez de trabalhos sobre a Plataforma Continental Leste, vários trabalhos foram desenvolvidos sobre a Plataforma Continental Sudeste (PCSE). Dentre estes, Castro (1996) destacou que os movimentos sobre a PCSE são forçados em diferentes escalas de tempo principalmente pelos ventos, pela ação da CB e pelas marés. Esse mesmo autor observou que as correntes sobre a PCSE fluem para SW durante a maior parte do tempo devido à ação dos ventos predominantes e à proximidade e forte influência da CB.

O padrão descrito por Castro (1996) apresenta intensa variabilidade, principalmente quando perturbado pela passagem de sistemas frontais, que ocasionam rotação dos ventos para norte e, conseqüentemente, afetam a circulação superficial da região (Castro & Miranda, 1998).

A resposta da PCSE, especialmente da sua parte mais interna, às perturbações sinóticas em seu campo de ventos foi modelada por Castro (1985) e por Stech & Lorenzetti (1992). Os últimos autores, utilizando um modelo para uma frente fria conceitual, simularam numericamente a resposta das águas da PCSE à passagem de um sistema atmosférico frontal, confirmando que esses sistemas são capazes de gerar uma inversão completa no fluxo das águas, o qual é predominantemente para SW antes da passagem da frente e para NE sob a ação do sistema meteorológico.

Leite (2005) também confirmou a inversão das correntes para NE com base em observações reais sobre a plataforma de Cabo Frio (RJ), complementando que o ajustamento das correntes ocorreu após um dia à passagem das frentes frias.

Com relação às massas de água que ocupam as regiões sobre a plataforma E e SE e de regiões ao largo, as mais superficiais, de acordo com Emilson (1961), são representadas pela Água Tropical (AT) e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), cujas características termohalinas estão listadas na Tabela 3.2-1. Castro *et al.* (1987) ainda marca a presença de uma massa de água denominada de Água Costeira (AC), presente próximas às regiões costeiras, apresentando baixa salinidade devido à descarga de águas fluviais.

Tabela 3.2-1: Características termohalinas da AT e ACAS. Fonte: Emilson, 1961.

Massa de Água	Temperatura (°C)	Salinidade	Profundidade
AT	$T > 20$	$S > 36$	Até 100 m
ACAS	$T < 20$	$S < 36$	Entre 100 e 500 m

4 METODOLOGIA

A região estudada representa uma pequena porção (4000 m x 7500 m) da plataforma continental interna da cidade de Guarapari (ES), com uma área de aproximadamente 30 km², Figura 4-1.

As 10 radiais sobre as quais os dados de corrente foram coletados e a distância entre elas estão representadas na Figura 4-1. Os 12 pontos de coleta dos dados de temperatura e salinidade podem ser vistos como asteriscos negros, apresentando-se concentrados na região mais central do espaço amostral, entre as radiais 4 e 8. É importante ressaltar que o espaço amostral criado para avaliar o campo de correntes e termohalino da região é fruto do projeto de monitoramento do recife artificial Victory 8B. Logo, as radiais e os pontos amostrais foram dispostos de forma a avaliar a região adjacente ao navio.

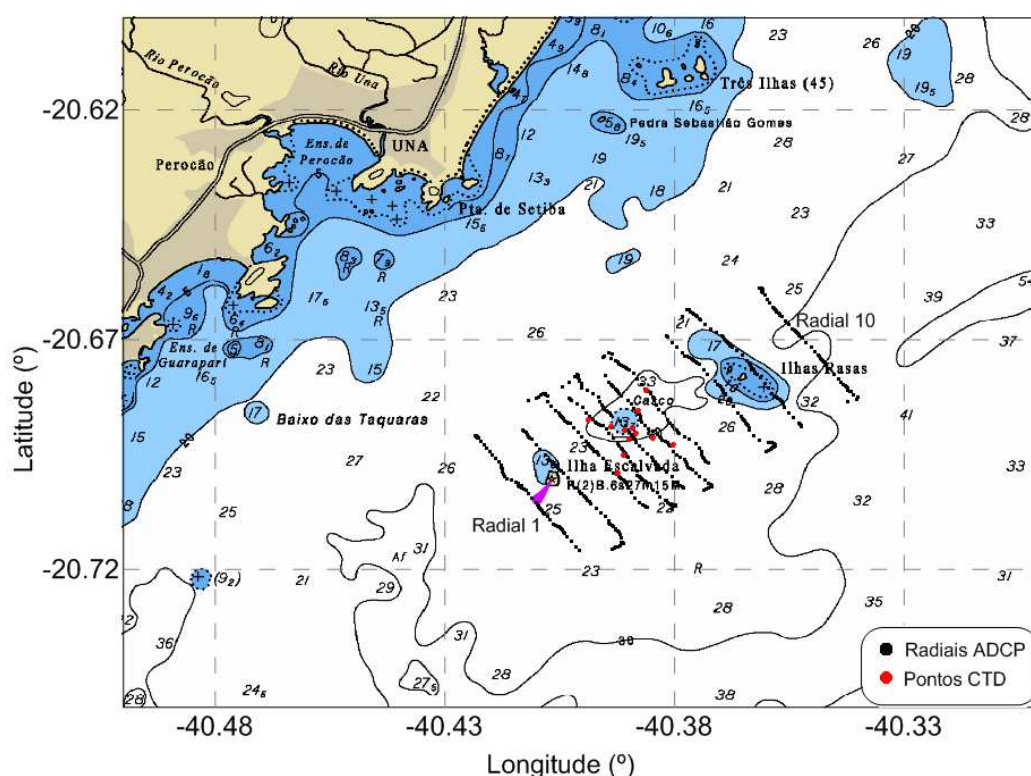


Figura 4-1: Área de estudo com destaque para os 12 pontos de coleta dos dados termohalinos (Pontos CTD) e das 10 radiais para a coleta dos dados de corrente (Radiais ADCP). Carta náutica 1402. Coordenadas Geográficas; WGS-84.

4.1 Coleta e Tratamento dos Dados de Corrente

A coleta dos dados de corrente para este trabalho foi realizada com auxílio de um perfilador acústico de correntes (ADCP) modelo *WorkHorse Broadband Sentinel* de 307,2 kHz de frequência. A configuração de coleta utilizou o modo *Bottom Tracking*, frequência de aquisição dos dados de 1 Hz – totalizando 30 minutos de coleta para cada radial – e definiu células de 2 m de profundidade, sendo a primeira medida a 3 m abaixo da superfície.

Além da utilização do modo *Bottom Tracking*, que permite maior confiabilidade nas medidas, há um sistema interno do aparelho responsável por qualificar o dado coletado. A qualificação é fornecida em porcentagem (“*Percent Good*”) e está relacionada ao nível de incerteza da medida realizada num dado ponto. Tendo essa questão em vista e avaliando o padrão de correntes, verificou-se que os dados que se apresentavam incoerentes ao padrão geral observado eram classificados com nível de *Percent Good* inferior a 70%, sendo, por isso, eliminados do conjunto de dados. Além disso, os dados que não se encontravam dentro do intervalo $\mu \pm 3\sigma$, sendo μ a média do conjunto de dados e σ o desvio padrão, foram desconsiderados do conjunto. Considerando uma distribuição normal, os dados dentro desse intervalo correspondem a mais de 99% das observações. Após esta etapa foi aplicado ao conjunto um filtro utilizando média móvel para suavização dos dados.

Além da desigualdade espacial apresentada na malha amostral, a remoção dos dados inconsistentes criou ainda mais lacunas no arquivo de dados. Para resolver este problema foi utilizada a técnica de interpolação de dados baseado no método de triangulação com interpolação linear.

Previamente à interpolação, o programa *SeaGrid* foi utilizado com o objetivo de construir uma grade que melhor representasse a inclinação das radiais de coleta. A grade gerada, Figura 4.1-1, possui 51 pontos de longitude e 21 de latitude.

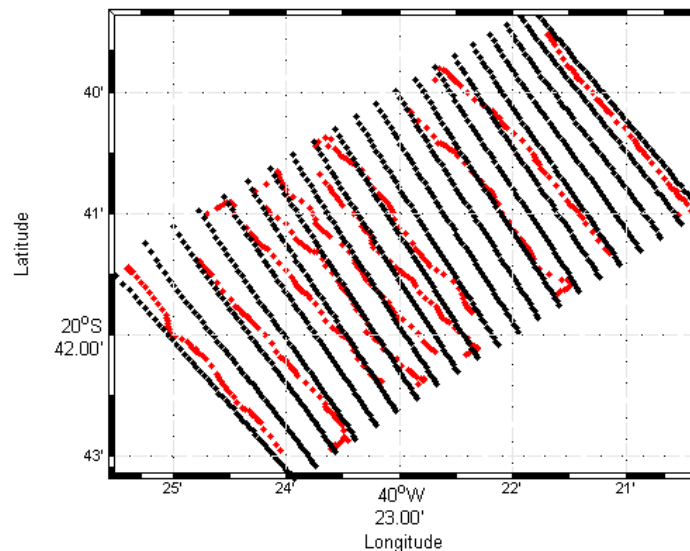


Figura 4.1-1: Grade de interpolação dos dados de corrente: os pontos pretos representam a grade de interpolação e os vermelhos os pontos das observações reais.

Posteriormente à filtragem dos dados, foi realizada a mudança do referencial das componentes N-S e E-W da corrente para paralela (v) e perpendicular (u) à linha de costa de Guarapari, como mostram as Equações 4.1-1 e 4.1-2 (Emery & Thomson, 2001).

$$\text{Equações 4.1-1} \quad u = E-W * \cos(35) - N-S * \sin(35^\circ)$$

$$\text{Equações 4.1-2} \quad v = E-W * \sin(35) + N-S * \cos(35^\circ)$$

Nas Equações 4.1-1 e 4.1-2 $E-W$ e $N-S$ se referem, respectivamente, à componente Leste-Oeste e Norte-Sul da corrente coletada. O ângulo de 35° representa a inclinação da linha de costa de Guarapari em relação ao norte geográfico.

4.2 Coleta e Tratamento dos Dados de Vento

Os dados de vento utilizados neste trabalho são oriundos da estação meteorológica do Porto de Ubú. A estação está localizada sobre a linha de costa à aproximadamente 19 km do ponto central da área de estudo. As informações de direção e intensidade do vento

utilizadas nas análises se referem a uma média de 6 registros obtidos a cada hora, totalizando 24 medidas diárias. Da mesma forma que feito para os dados de corrente, os dados que não se enquadraram dentro do intervalo $\mu \pm 3\sigma$, foram desconsiderados.

Com o objetivo de extrair somente a componente subinercial do vento, posteriormente ao tratamento dos dados foi realizada uma filtragem com a utilização de um filtro passa baixa com frequência de corte de 40 horas.

4.3 Dados de Correntes de Maré

Como um dos objetivos deste trabalho é avaliar conjuntamente os dados das três campanhas de coleta, torna-se importante remover o sinal da maré para minimizar os efeitos da quase-sinopticidade. Para este fim, os valores das componentes N-S e E-W da corrente de maré foram extraídos por subtração das componentes N-S e E-W da corrente medida.

Os dados de velocidade das componentes da corrente de maré foram obtidos a partir da modelagem numérica da propagação da maré barotrópica sobre a plataforma do ES. As simulações foram realizadas por Passos (2008) utilizando o modelo Princeton Ocean Model (POM) com resolução espacial de 2 km e considerando as 13 principais componentes de maré. No ponto de grade mais próximo à área de estudo foram construídas séries temporais com *output* da velocidade barotrópica a cada 10 min.

Como o período de coleta dos dados de corrente sobre cada radial foi de aproximadamente 30 minutos, o valor da corrente de maré a ser subtraído de cada componente da corrente medida foi o resultado de uma média de 3 dados de saída do modelo no mesmo horário em que foram realizadas as medições.

4.4 Coleta e Tratamento dos Dados Termohalinos

Os dados de temperatura e salinidade foram medidos com auxílio de um 3" Micro CTD, da FSI, em 12 pontos distribuídos em cruz, cujo ponto central se localiza o recife artificial Victory 8B (Figura 4-1). A frequência de aquisição dos parâmetros termohalinos foi de 4 medidas por segundo, sendo posteriormente mediadas a cada 0.5 m devido ao grande

volume de registros. Da mesma forma que os dados de corrente, as medidas de temperatura e salinidade que ultrapassaram o intervalo $\mu \pm 3\sigma$ foram desconsideradas e, posteriormente, os dados foram filtrados com auxílio de janela móvel.

4.5 Análise da Influência das Ilhas sobre o Escoamento

Para avaliar o efeito das ilhas Rasas e Escalvada sobre o escoamento na área de estudo foi realizada uma comparação entre o campo de correntes e os valores relativos ao cálculo do Parâmetro de Ilha (P), um número adimensional utilizado na literatura para classificar o escoamento após a passagem das correntes marinhas por ilhas em regiões rasas sobre a plataforma.

Anteriormente à introdução de P , o parâmetro utilizado para quantificar a influência de ilhas sobre o campo de correntes, tanto para regiões profundas quanto para rasas, era o número de Reynold (Re), Equação 4.5-1.

Assim como P , Re também infere sobre a importância relativa entre as forças friccionais e inerciais no oceano, mas a grande diferença entre eles é a utilização de diferentes coeficientes de viscosidade.

Em regiões rasas, como sobre a plataforma interna, o trabalho friccional é feito pelo transporte turbulento de momentum na direção vertical, diferentemente de regiões profundas, onde esse transporte se dá, basicamente, na horizontal. Visto isto, em substituição a Re , foi introduzido por Wolanski (1984) o parâmetro de ilha (P), Equação 4.5-2.

$$\text{Equação 4.5-1: } Re = U^*L/A_h$$

Na Equação 4.5-1, U é a velocidade da corrente, A_h o coeficiente de viscosidade turbulenta na horizontal e L é o comprimento da ilha perpendicular ao escoamento, 248 m para a ilha Escalvada e 577 m para as Rasas.

$$\text{Equação 4.5-2: } P = U^*H^2/K_z^*L$$

Na Equação 4.5-1, H é a profundidade local, K_z (ou A_v) o coeficiente de viscosidade turbulenta na vertical ou coeficiente de difusão vertical e U assume definições bem diferenciadas na literatura.

Mesmo sendo uma forma de melhor estimar o efeito ilha, ainda há algumas divergências em relação a P . A primeira se refere a uma definição mais exata para U .

De acordo com Wolanski (1984), U é a velocidade superficial imediatamente antes da ilha; para Neill (2008), U é uma velocidade média; e para Tomczak (1998) U é a velocidade de fundo;

O maior empasse, no entanto, não é a definição exata de U , mas sim definir um valor mais real para K_z . Segundo Stewart (2009), a quantificação de K_z através de dados coletados *in situ* requer medições de temperatura e salinidade com resolução espacial de centímetros, para, assim, ser possível inferir sobre a difusão desses parâmetros ao longo da coluna de água. Devido a essa dificuldade, vários valores para K_z são encontrados na literatura. Dentre estes podem ser citados:

- Tseng (2001): $10^{-1} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$.
- Furukawa e Wolanski (1998): $K_z = 0.003HU \text{ m}^2\text{s}^{-1}$.
- Neill (2008): $K_z = 0.01H/U \text{ m}^2\text{s}^{-1}$.
- Ingram & Chu (1987) em Rupert Bay: $0.01 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$.

Nas definições acima H é a profundidade local média em metros.

Devido às divergências explicitadas anteriormente em relação a K_z e U , foi definido que os valores utilizados para estes dois parâmetros seguiriam as definições de Furukawa & Wolanski (1998) e Wolanski (1984), respectivamente. Dessa forma, U assumiu o valor de uma média dos valores de velocidade da camada mais superficial (4 m) da radial imediatamente anterior à ilha avaliada e $K_z = 0.003HU \text{ m}^2\text{s}^{-1}$.

Os valores de P e suas respectivas características sobre o escoamento real propostos por Wolanski (1984) estão dispostos na Tabela 4.5.1.

Tabela 4.5-1: Valores de P e as respectivas características apresentadas em um escoamento real com a presença de ilha. Fonte: Wolanski (1984).

Valores de P	Tipo de escoamento
$P \ll 1$	Fluxo laminar
$P = O(1)$	Wake* estável
$P > 1$	Wake* instável
$P \gg 1$	Formação de vórtices

*Não há uma tradução literal para o termo *wake* que faça sentido para o assunto abordado. Dessa forma, optou-se neste trabalho por utilizar o termo *modificação* como uma opção para *wake* em português.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados gerados e discutidas as principais características e diferenças encontradas em cada campanha de coleta de dados.

5.1 Análise Geral do Campo Termohalino e de Correntes

Os valores de temperatura e salinidade para os três conjuntos de dados se concentraram entre 20.5°C e 23.8°C e 36 e 36.7, respectivamente, valores típicos de AT. A temperatura sempre se apresentou maior em superfície, contrastando com os dados de salinidade, que exibiram valores mínimos em superfície e máximos nas camadas subsuperficiais. A disposição destes parâmetros e a estabilidade da coluna de água, dada pela anomalia de densidade, pode ser observada na Figura 5.1-1, que representa uma média por profundidade considerando todas as radiais.

Os valores de temperatura e salinidade foram maiores em Junho. Já as campanhas realizadas em Março e Outubro se destacaram por apresentar padrão termohalino vertical semelhante, com gradientes mais expressivos. No primeiro caso a temperatura variou mais de 1.5°C nos primeiros 6 m de profundidade e em Outubro esse valor subiu para mais de 2.5°C para a mesma extensão vertical. A partir desta profundidade, no entanto, foi observada uma constância desse parâmetro.

A campanha realizada em Junho, de forma atípica em relação aos outros dois conjuntos de dados, apresentou a coluna de água mais misturada, evidenciando redução da temperatura e aumento da salinidade com a profundidade de forma menos abrupta. Para o primeiro parâmetro a redução se mostrou mais acentuada após os 14 m e para o segundo, após os 6 m de profundidade.

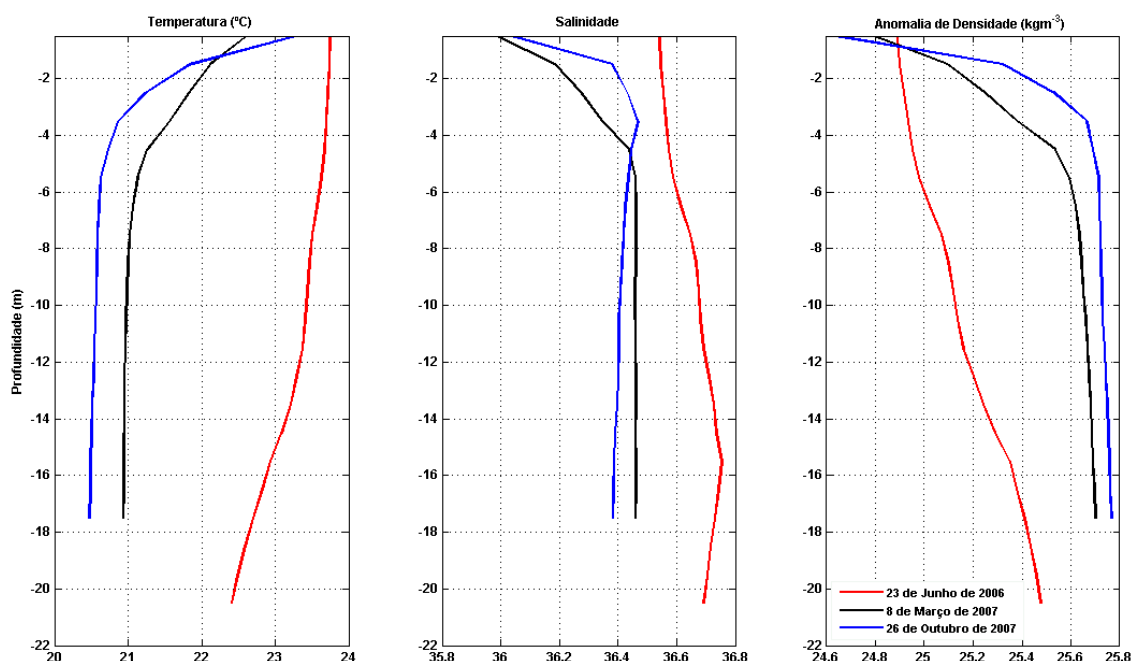


Figura 5.1-1: Distribuição vertical das médias de temperatura, salinidade e anomalia de densidade para os três conjuntos de dados. Em vermelho está representado o campo de 23 de Junho de 2006, em preto, 8 de Março de 2007 e em azul, 26 de Outubro de 2007.

Da mesma forma que a distribuição termohalina, o padrão de correntes também apresentou variações entre os três conjuntos de dados. Uma característica semelhante às 3 campanhas foi a redução gradativa da velocidade em direção ao fundo, refletindo a redução na transferência de momento de camadas mais superficiais para regiões mais profundas e a influência do *stress* cisalhante de fundo sobre o escoamento.

A distribuição vertical média da magnitude e da direção da velocidade para os três conjuntos de dados está evidenciado na Figura 5.1-2. Observando conjuntamente a velocidade medida nas três campanhas, é notável que a corrente no mês de Outubro apresentou as maiores magnitudes ao longo de toda a profundidade. A velocidade média para este dia foi de 0.28 m.s^{-1} , enquanto que Junho e Março exibiram velocidades médias de, respectivamente, 0.19 m.s^{-1} e 0.21 m.s^{-1} . A orientação do escoamento médio, no entanto, se manteve para SW em todos os períodos de coleta.

O Anexo deste trabalho contem as Tabelas A1 e A2 que listam, respectivamente, as médias por profundidade da velocidade média, e as médias por profundidade de u e v para cada campo.

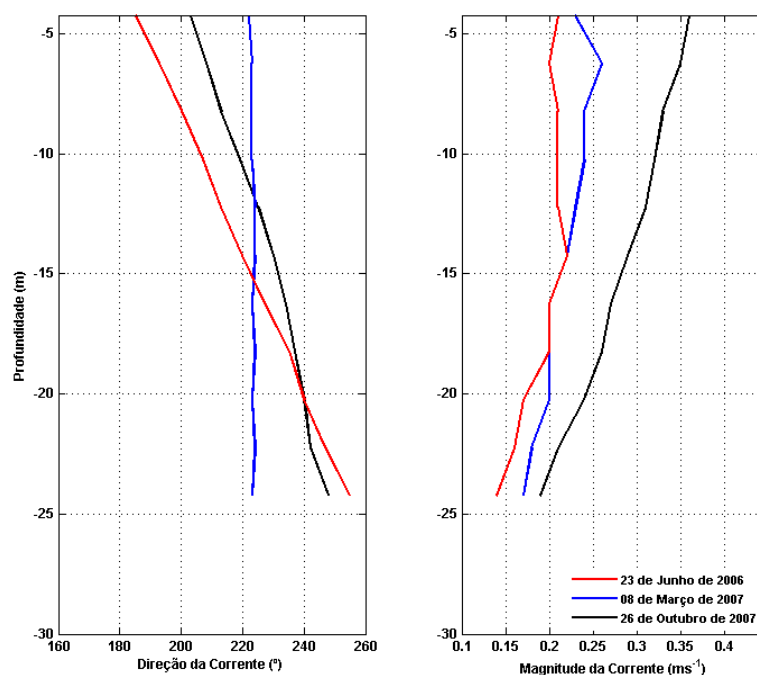


Figura 5.1-2: Direção e magnitude média da corrente para o as três campanhas de coleta.

A velocidade máxima em Outubro ultrapassou 0.5 m.s^{-1} , em Março chegou a alcançar 0.4 m.s^{-1} e em Junho pouco mais de 0.20 m.s^{-1} . Castro (1996) encontrou um valor médio de 0.20 m.s^{-1} para as correntes amostradas sobre a plataforma interna de Ubatuba com direção SW e Leite (2005) encontrou 0.4 m.s^{-1} , com a mesma direção, sobre a plataforma interna de Cabo Frio, sendo muito semelhantes aos valores encontrados para os três conjuntos de dados apresentados neste trabalho.

A semelhança na distribuição dos dados termohalinos entre Março e Outubro não seguiu o mesmo padrão no campo hidrodinâmico. Agora as similaridades ocorreram entre os campos de Junho e Outubro, sendo destacado, principalmente, pelo direcionamento da corrente, apresentando clara rotação ciclônica (sentido horário para o hemisfério Sul) com a profundidade. Março se destacou por apresentar orientação de corrente praticamente sem

oscilações ao longo de toda coluna de água, em torno de 223° . Essa diferença no campo de vetores entre os três conjuntos de dados será discutida mais adiante no item 5.2.

A distribuição horizontal dos dados de velocidade para os dias 23 de Junho de 2006, 8 de Março de 2007 e 26 de Outubro de 2007 pode ser vista nas Figuras de, respectivamente, 5.1-3 a 5.1-8, 5.1-11 a 5.1-16 e 5.1-18 a 5.1-23. Os mapas apresentam o padrão de correntes espacialmente interpolado para cada célula do ADCP (4; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22 e 24 m).

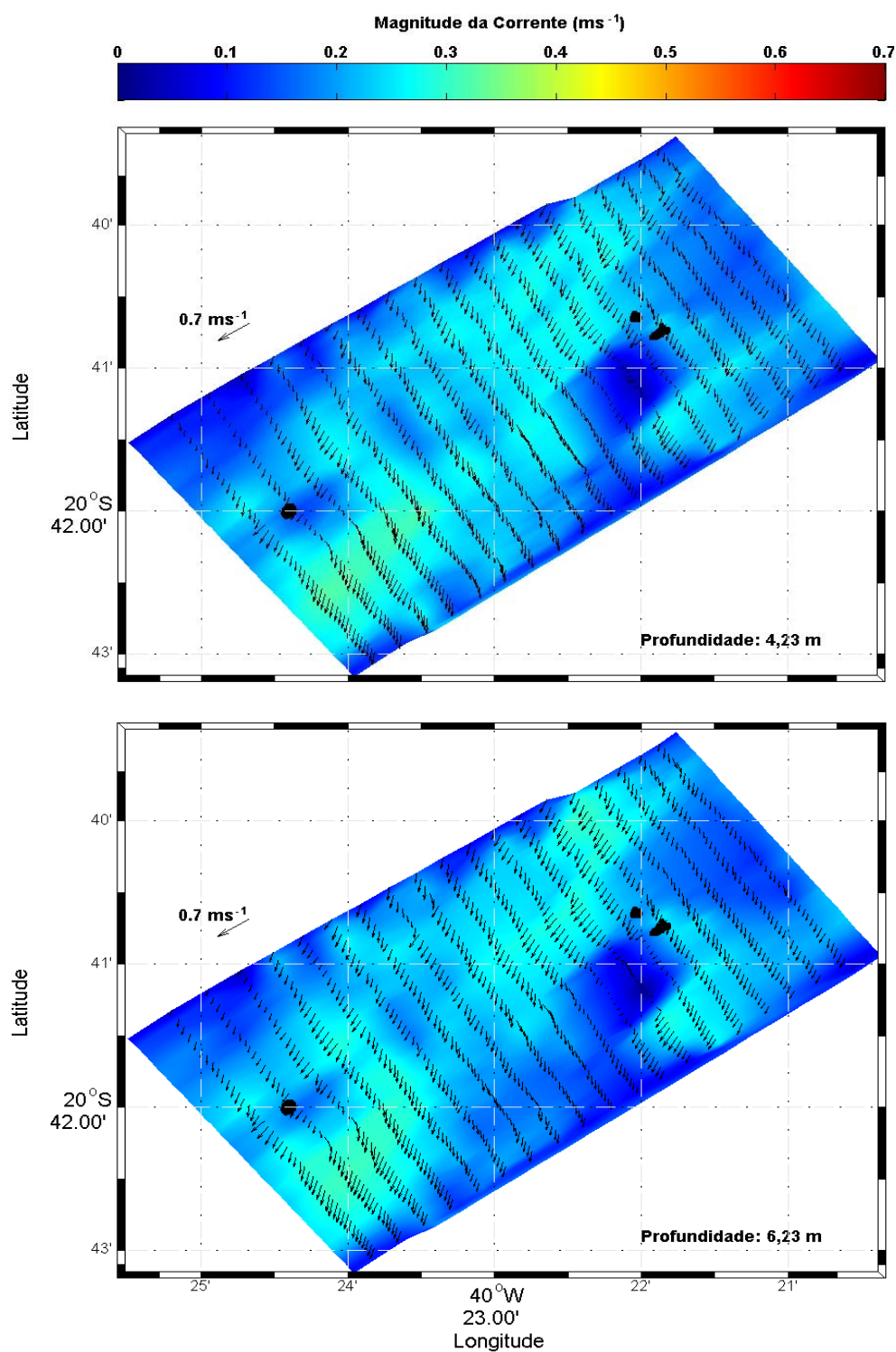


Figura 5.1-3: Distribuição horizontal do campo de correntes para 23 de Junho de 2006 para as células de 4,23 m e 6,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

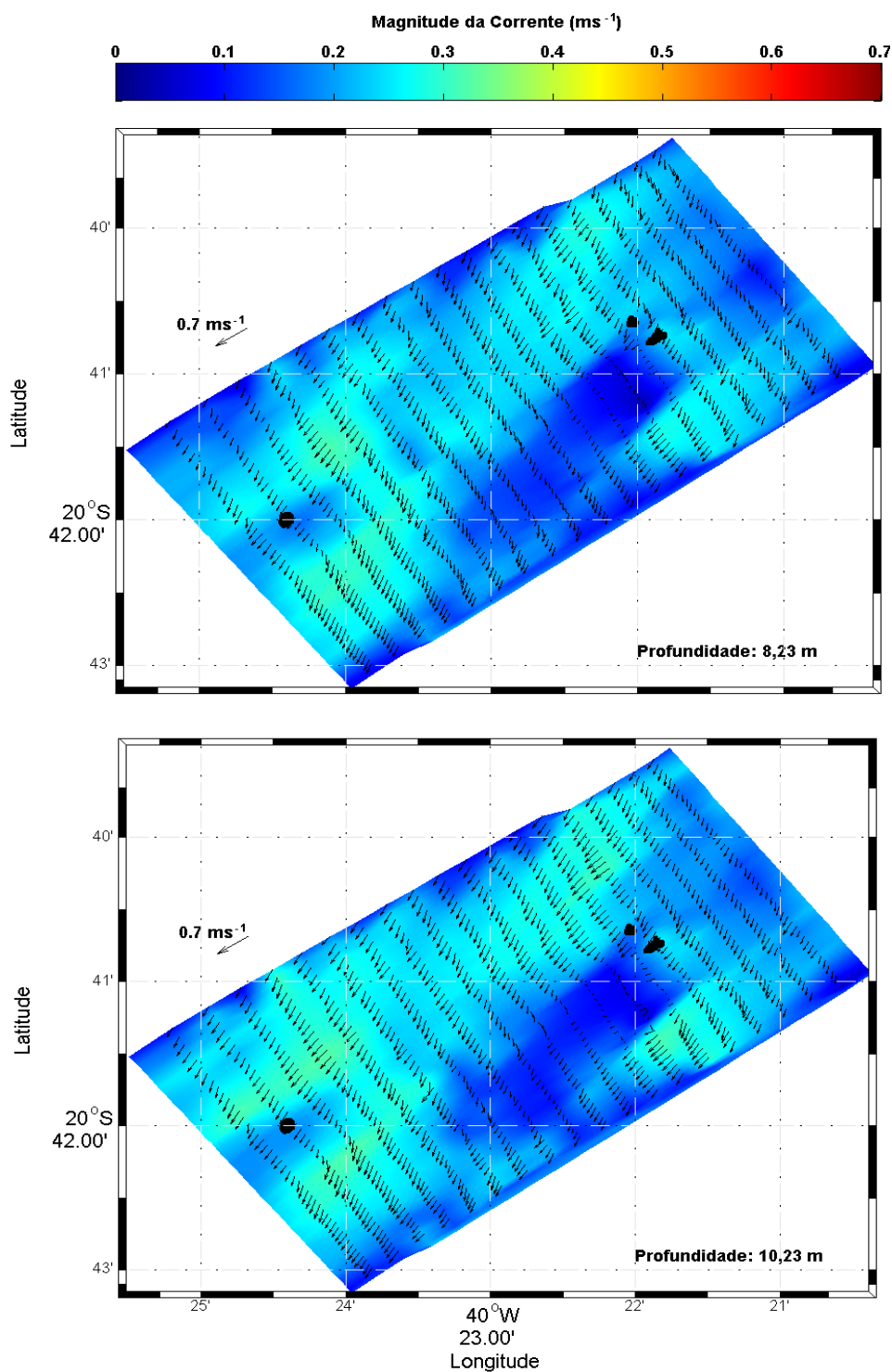


Figura 5.1-4: Distribuição horizontal do campo de correntes para 23 de Junho de 2006 para as células de 8,23 m e 10,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

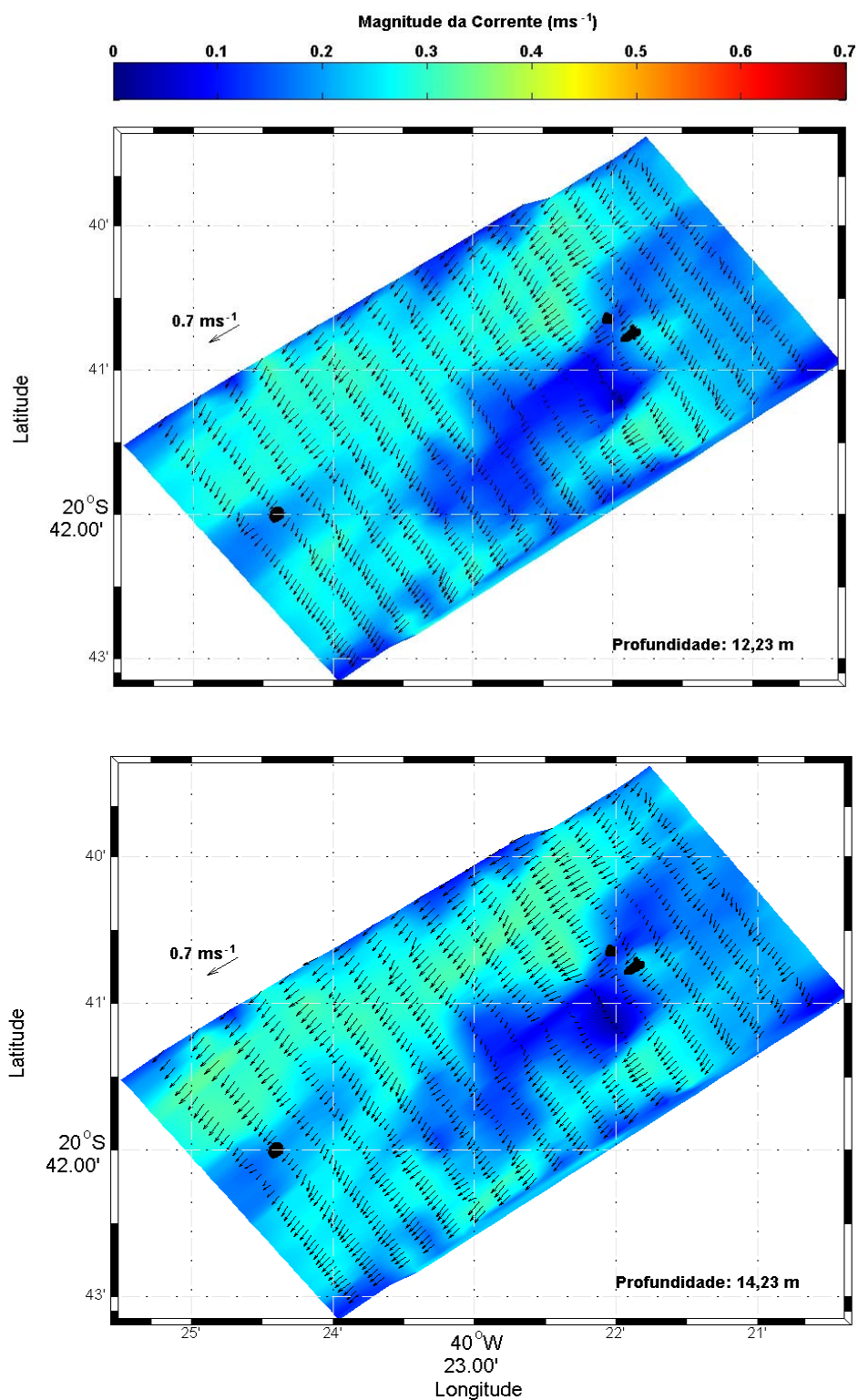


Figura 5.1-5: Distribuição horizontal do campo de correntes para 23 de Junho de 2006 para as células de 12,23 m e 14,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

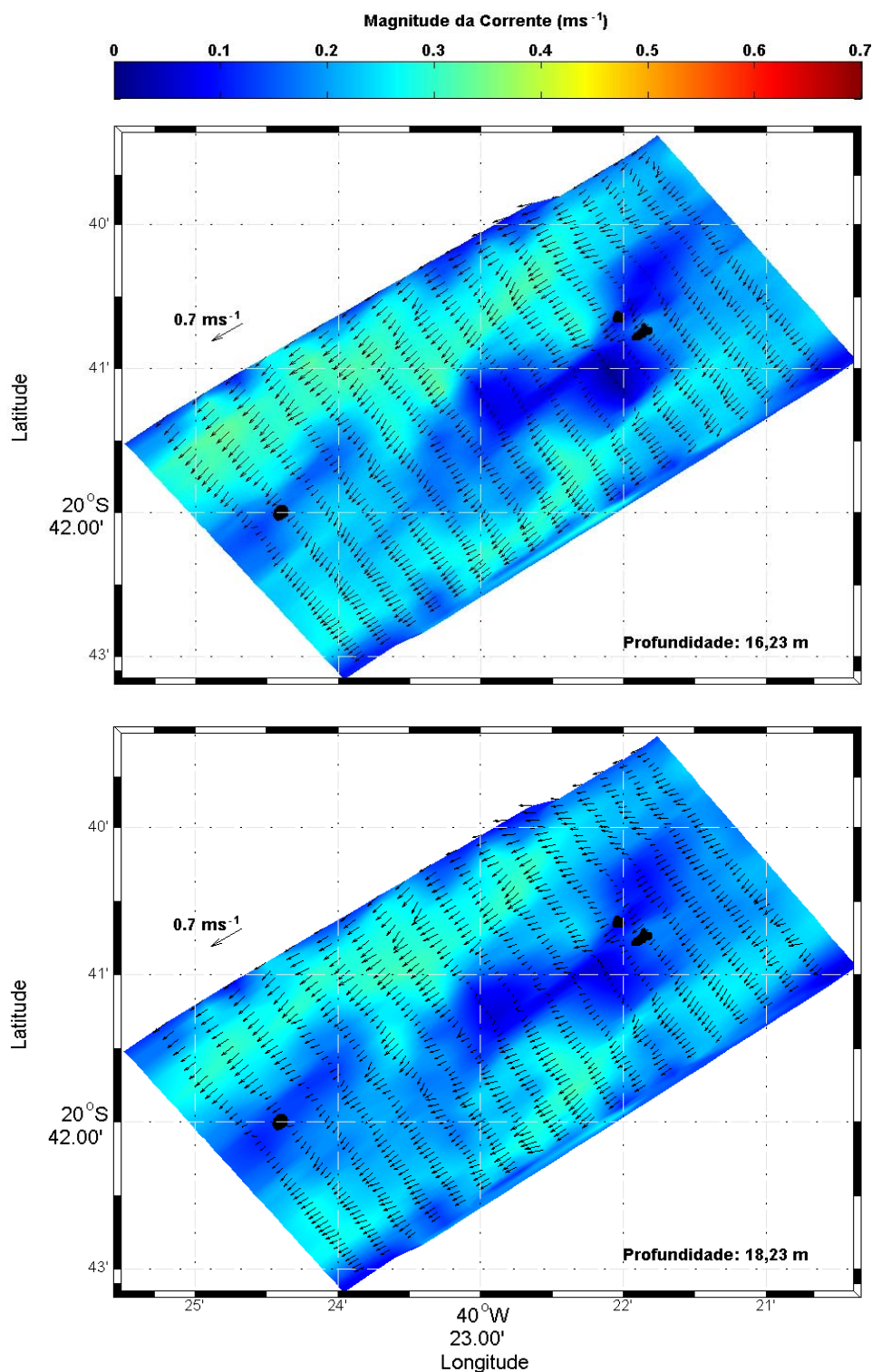


Figura 5.1-6: Distribuição horizontal do campo de correntes para 23 de Junho de 2006 para as células de 16,23 m e 18,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

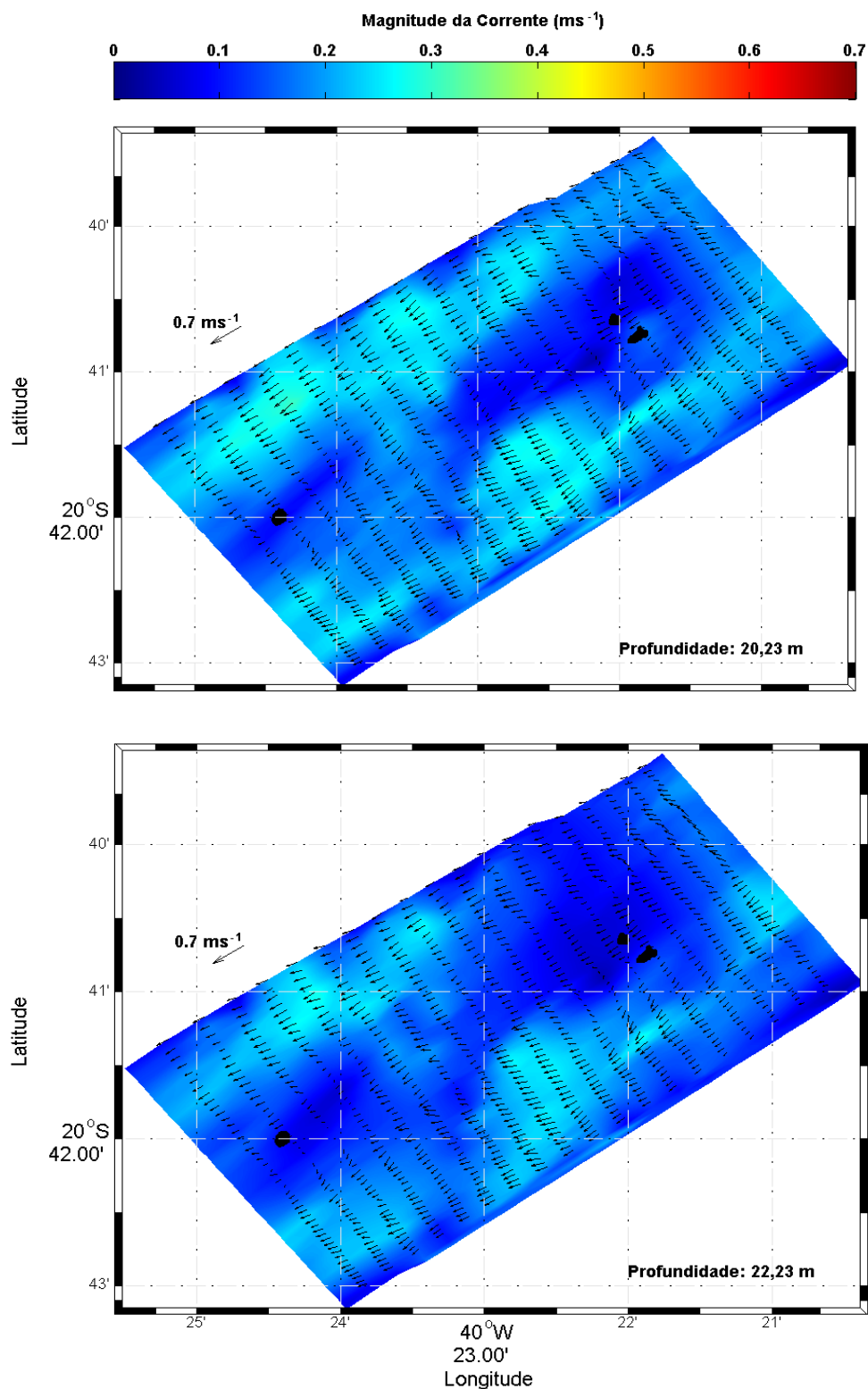


Figura 5.1-7: Distribuição horizontal do campo de correntes para 23 de Junho de 2006 para as células de 20,23 m e 22,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

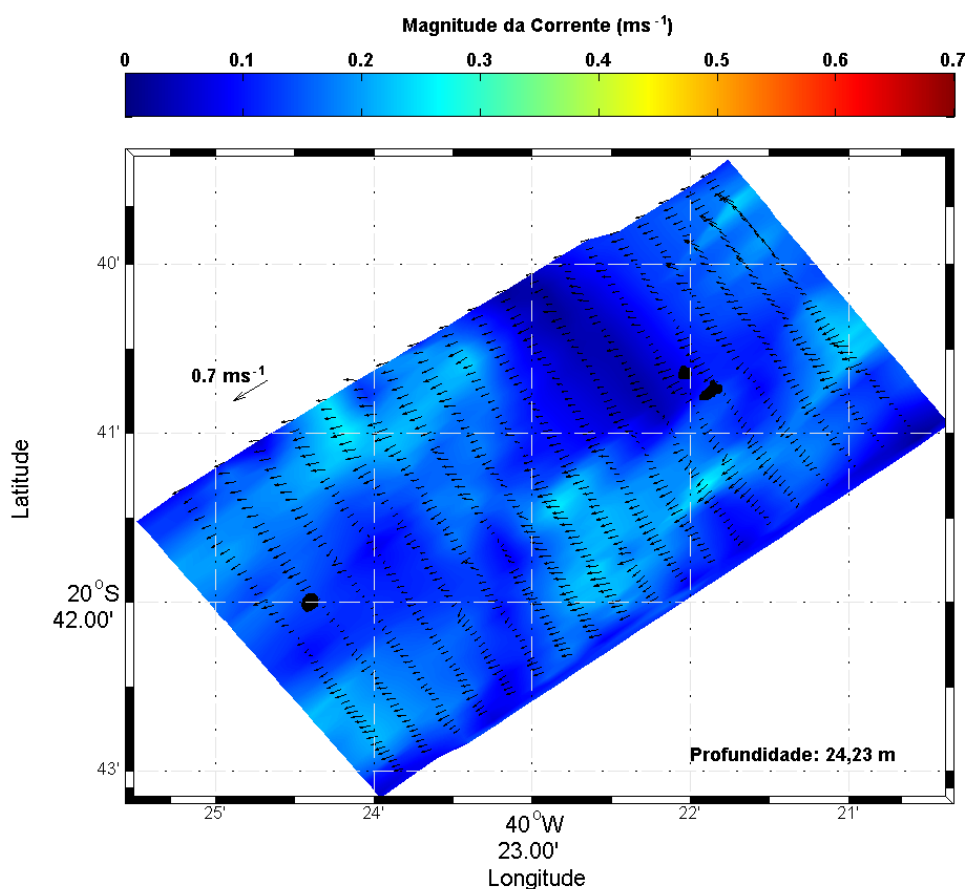


Figura 5.1-8: Distribuição horizontal do campo de correntes para 23 de Junho de 2006 para a célula de 24,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

Um fator que se destacou nos dados amostrados em Junho e que também foi observado em Março e Outubro foi a influência das ilhas Rasas e Escalvada sobre o escoamento, caracterizando o efeito ilha (item 5.3). O termo “influência”, neste caso, se refere à redução da magnitude da velocidade e desorientação dos vetores de corrente em regiões localizadas à sombra das ilhas (Figura 5.1-9).

Analisando a Figura 5.1-9 é possível identificar nas regiões próximas às ilhas Rasas que há uma tendência do campo de vetores à rotação, resultado do cisalhamento no campo de correntes horizontais. Este processo ocorreu desde a superfície até as regiões mais profundas.

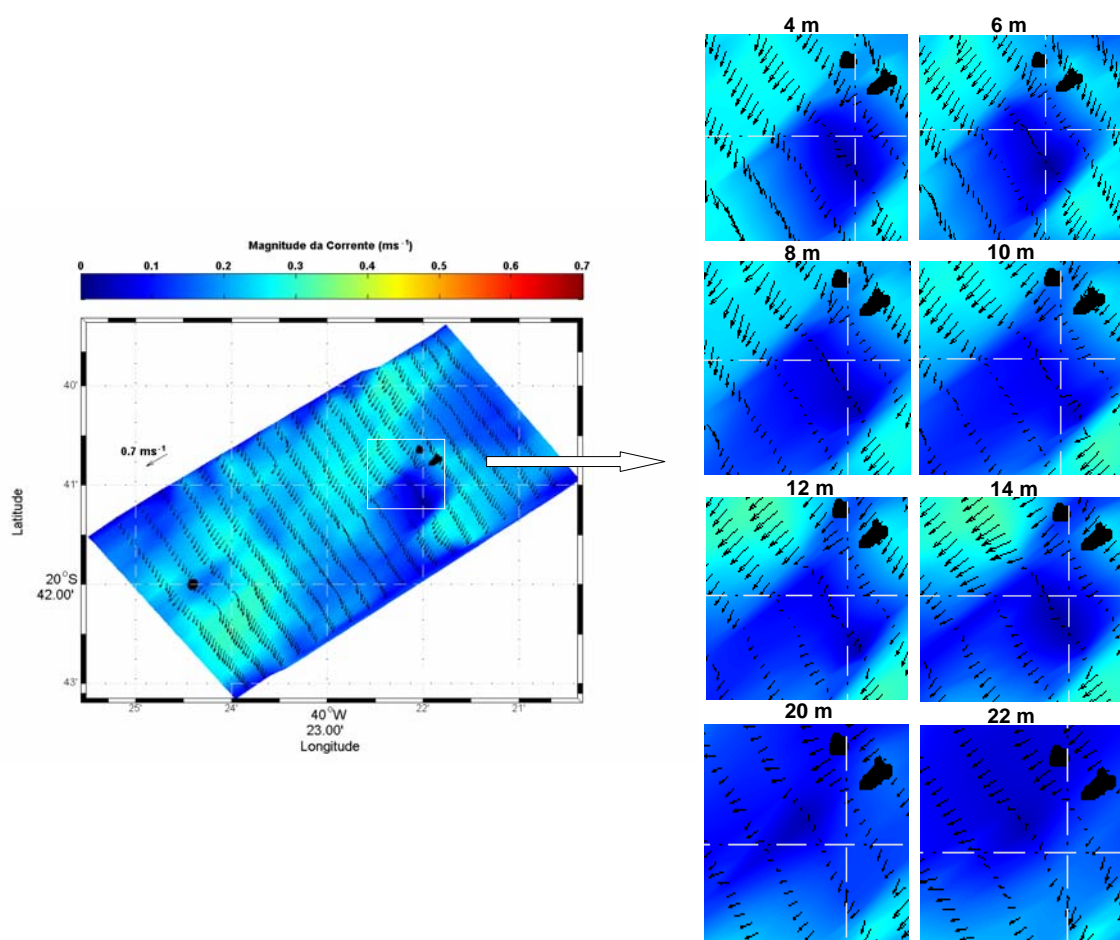


Figura 5.1-9: Efeito ilha à sombra das ilhas Rasas para o campo de 23 de Junho de 2006 para as células de 4, 6, 8, 10, 12, 14, 20 e 22 m.

A Figura 5.1-10 evidencia o mapa de correntes horizontais obtido por Neill & Elliott (2004) sobre uma região com presença de uma ilha. A figura mostra que, de forma muito semelhante ao encontrado na área de estudo deste trabalho, a presença da ilha modifica completamente o campo de correntes, que pode ser visto destacadamente na Figura 5.1-10 como uma redução na magnitude e desorientação dos vetores de velocidade. De acordo com os autores esses resultados seriam suficientes para atestar a presença de vórtices.

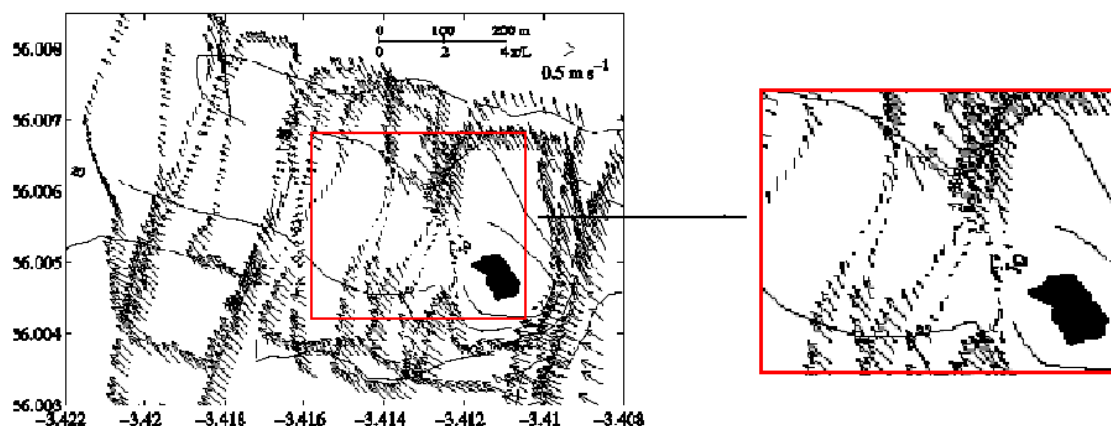


Figura 5.1-10: Campo de correntes com a presença de vórtices gerados pelo efeito ilha. Fonte: Neill & Elliott (2004).

Nos dados amostrados em Junho a desorientação dos vetores de velocidade foi restrita apenas à sombra das ilhas Rasas, não sendo observado o mesmo processo ligado à ilha Escalvada. No entanto, nos arredores desta ilha é possível notar (Figuras 5.1-3 a 5.1-8) o mesmo padrão de disposição dos vetores que, devido à localização, sugere estar ligado às Rasas. Tendo essa questão em vista, em relação ao seu limite, as Rasas possuem um alcance de influência dentro da área de estudo de mais de 4000 m.

Avaliando agora o campo horizontal de correntes para o dia 8 de Março de 2007 (Figuras 5.1-11 e 5.1-16) é possível notar de forma mais expressiva do que em Junho, que a magnitude da corrente é maior mais a *offshore*. O efeito ilha também está presente neste conjunto de dados.

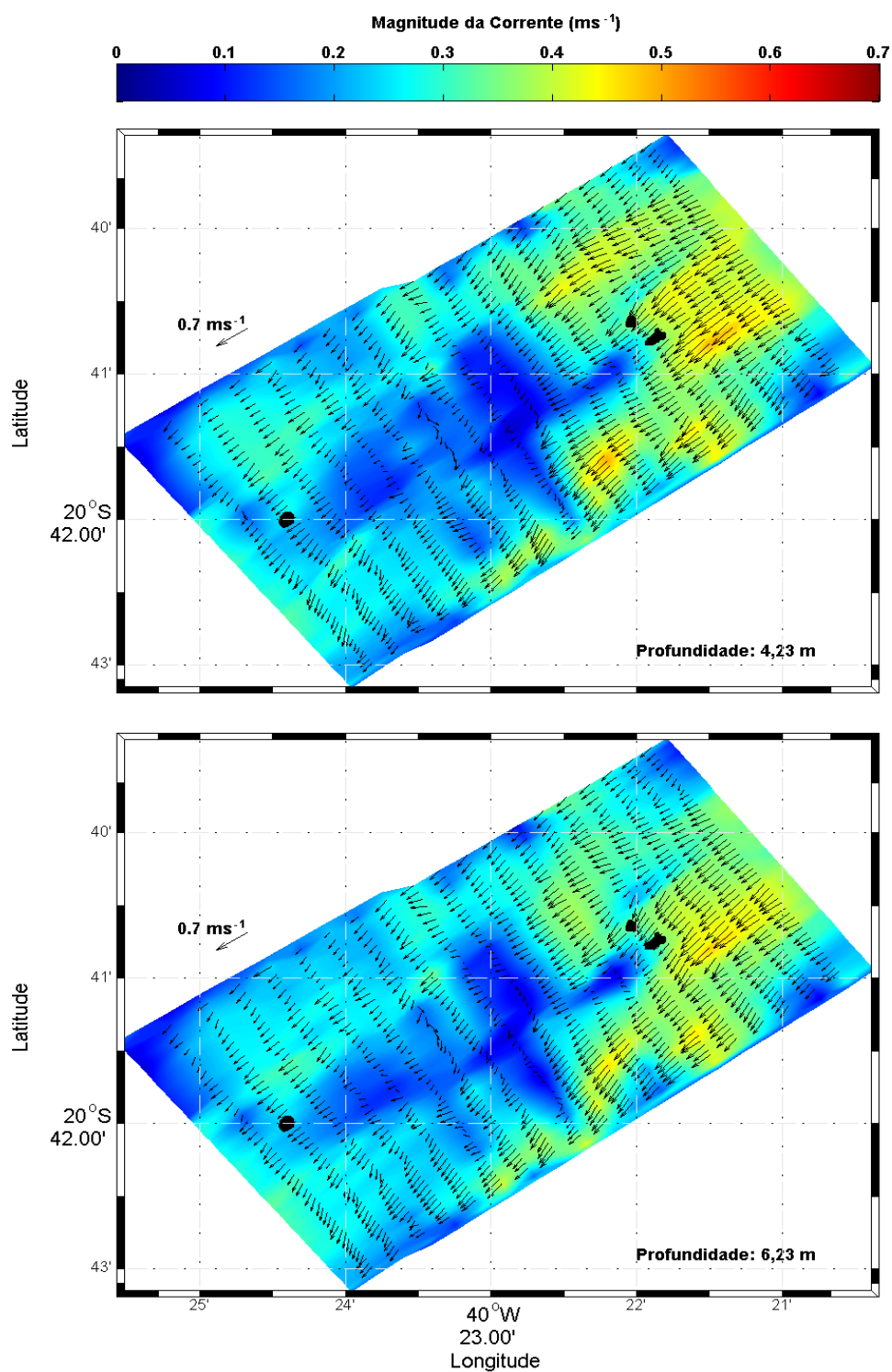


Figura 5.1-11: Distribuição horizontal do campo de correntes para 8 de Março de 2007 para as células de 4,23 m e 6,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

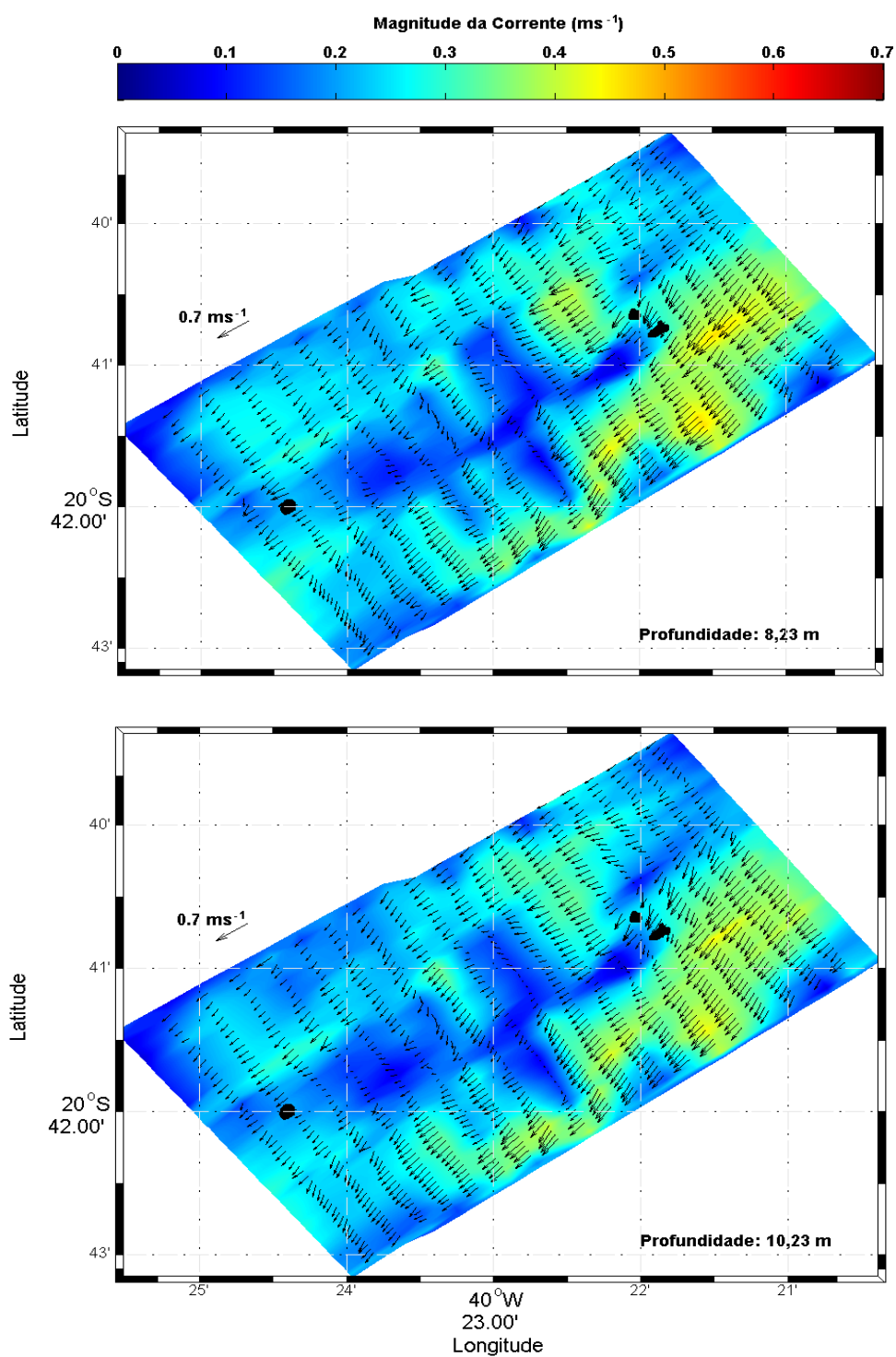


Figura 5.1-12: Distribuição horizontal do campo de correntes para 8 de Março de 2007 para as células de 8,23 m e 10,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

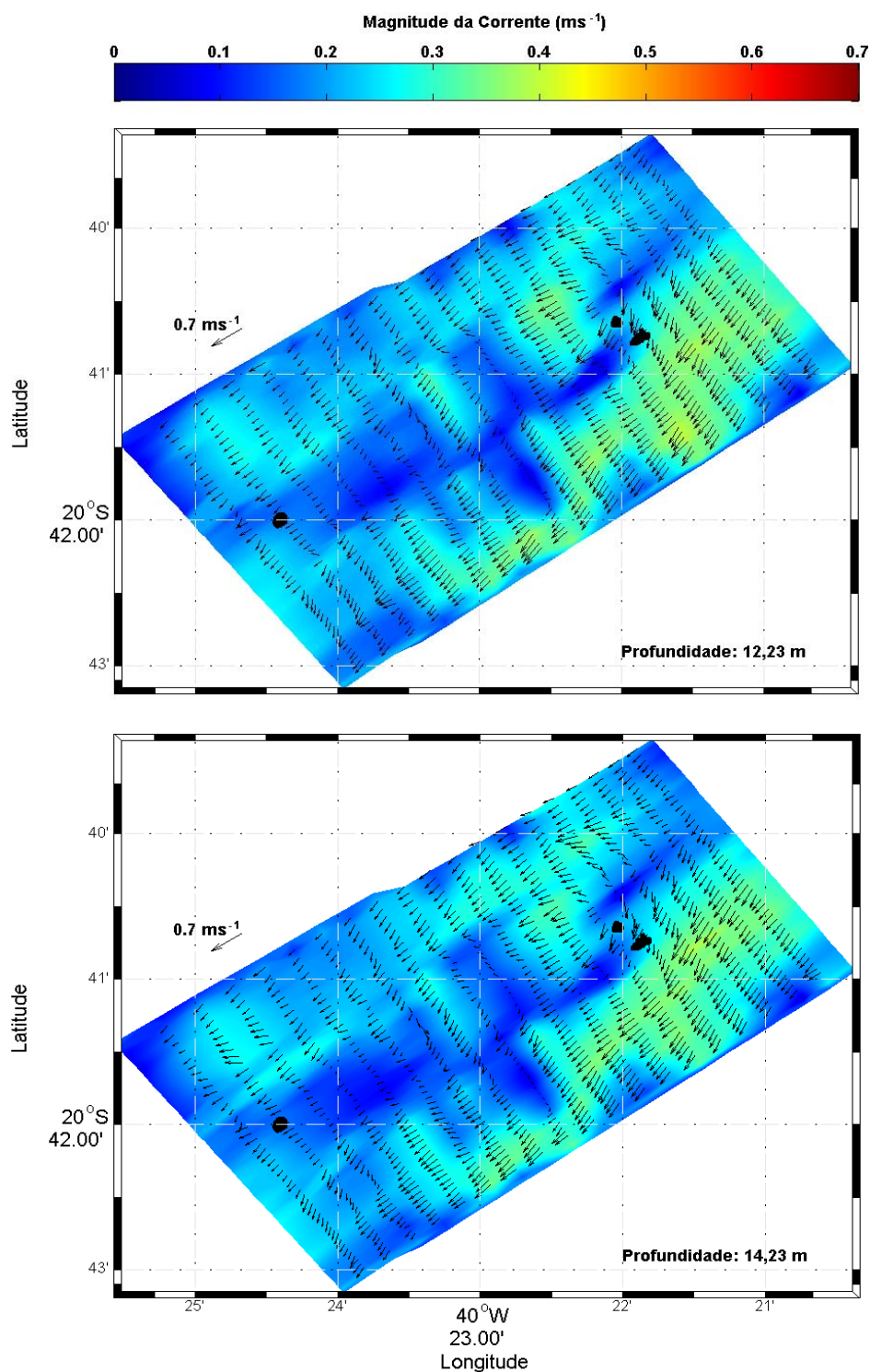


Figura 5.1-13: Distribuição horizontal do campo de correntes para 8 de Março de 2007 para as células de 12,23 m e 14,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

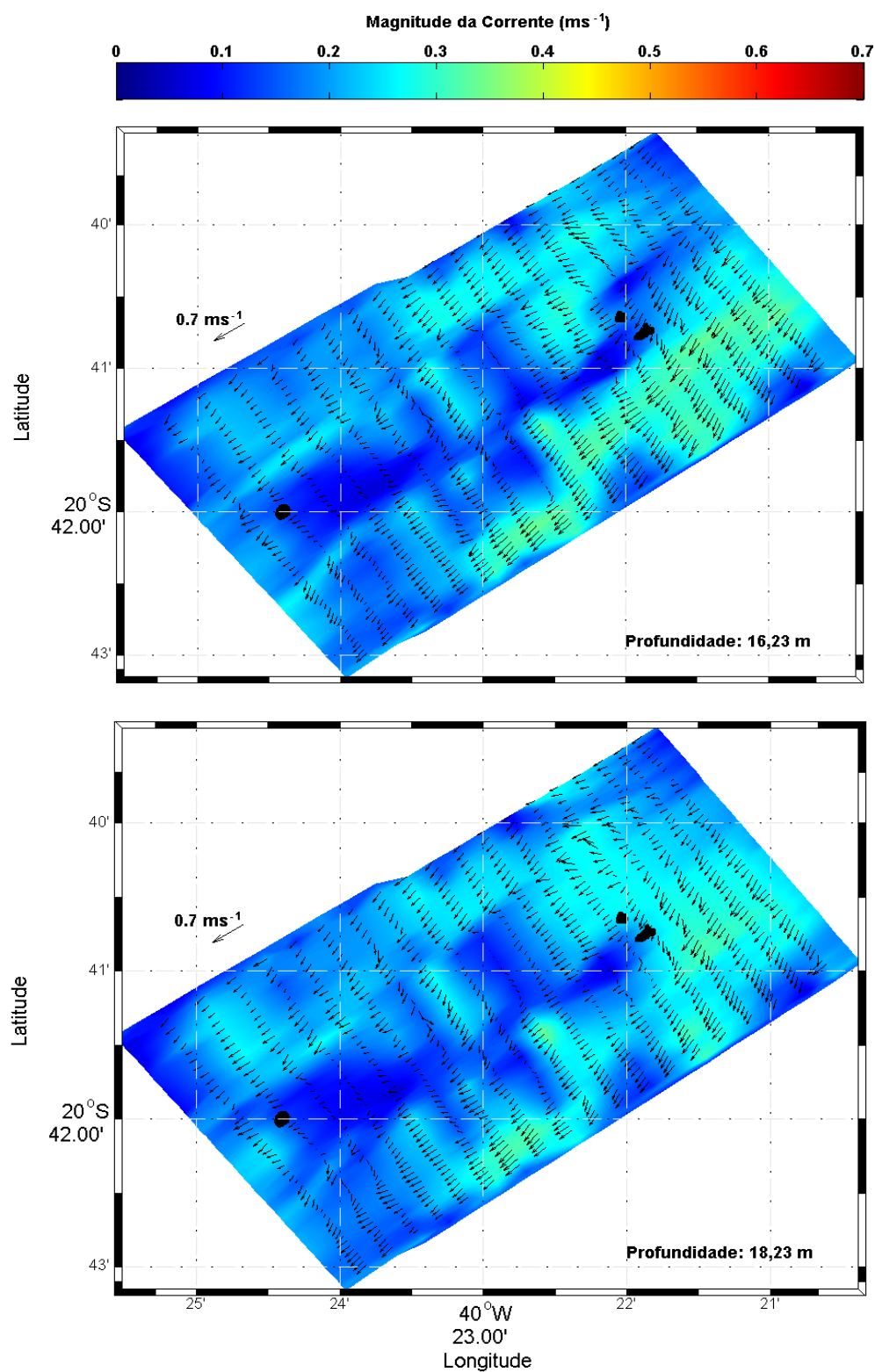


Figura 5.1-14: Distribuição horizontal do campo de correntes para 8 de Março de 2007 para as células de 16,23 m e 18,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

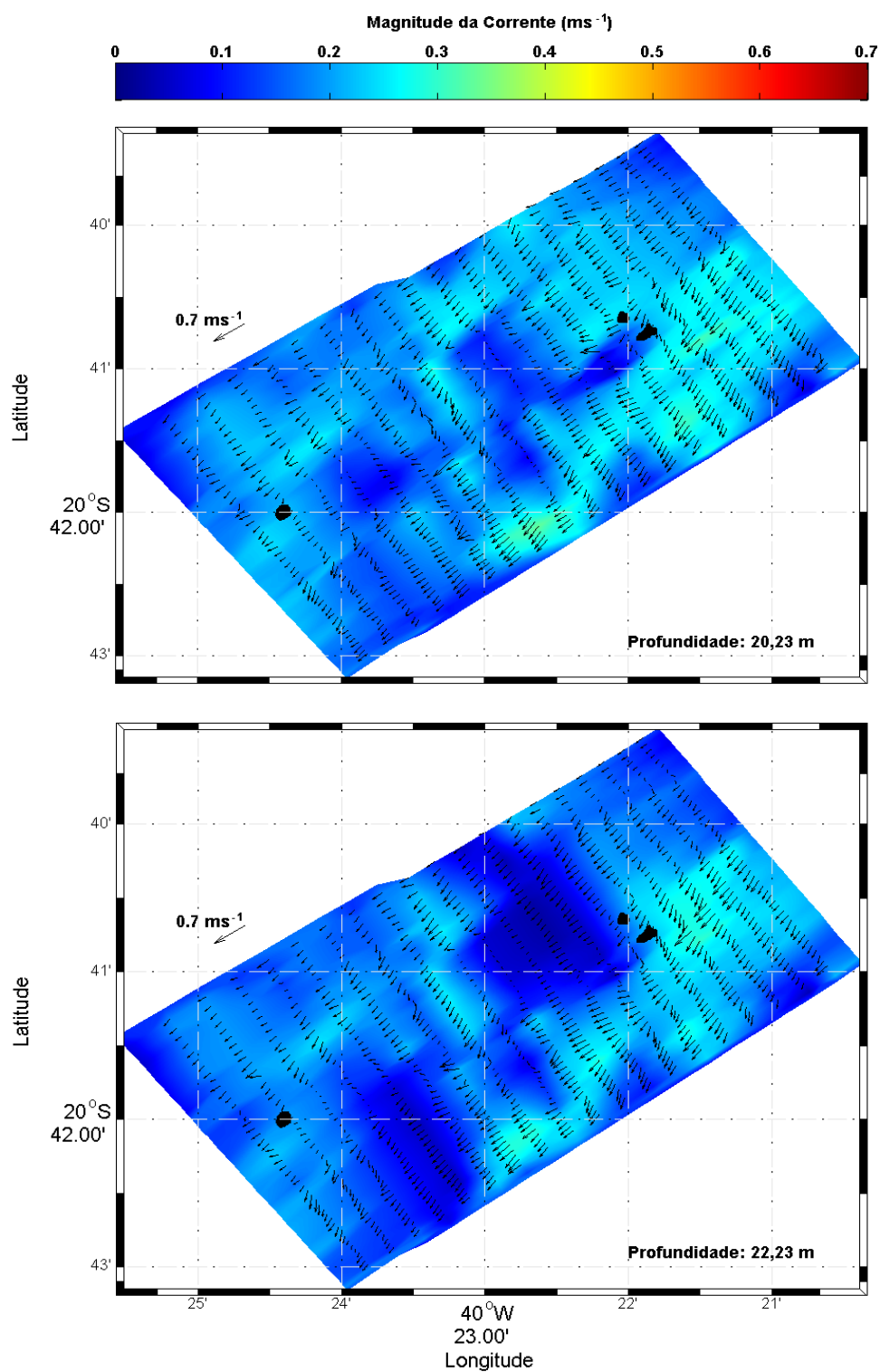


Figura 5.1-15: Distribuição horizontal do campo de correntes para 8 de Março de 2007 para as células de 20,23 m e 22,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

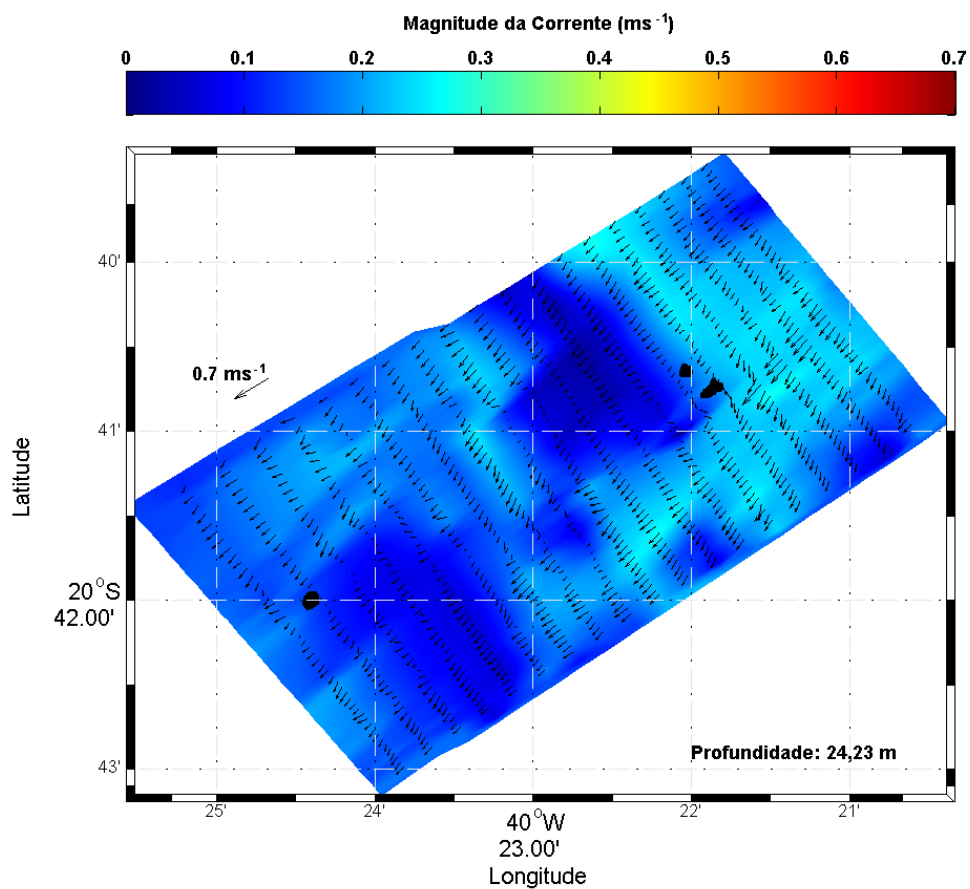


Figura 5.1-16: Distribuição horizontal de correntes para o campo de 8 de Março de 2007 para a célula de 24,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

Na Figura 5.1-17 é possível observar que a modificação no escoamento imposta pelas Rasas em termos de redução de magnitude é encontrada até as proximidades da Escalvada, mas a variação na direção dos vetores em curto espaço é encontrada somente até as radiais mais centrais, em destaque na Figura 5.1-17.

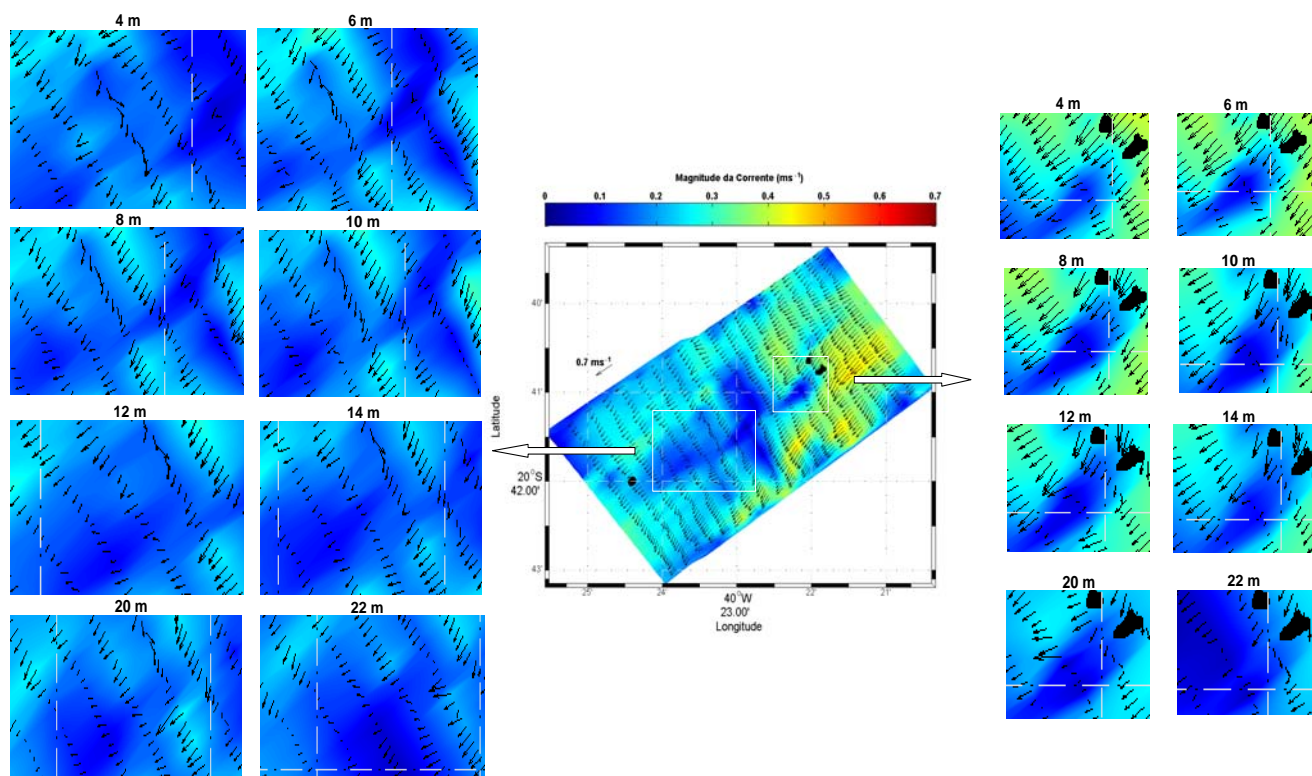


Figura 5.1-17: Efeito ilha à sombra das ilhas Rasas para o campo de 8 de Março de 2007 para as células de 4, 6, 8, 10, 12, 14, 20 e 22 m.

A Figura 5.1-17 exibe o efeito ilha para o campo de Março de 2007. A perturbação no campo de correntes em termos de orientação dos vetores de velocidade pode ser visualizada até aproximadamente 2500 m de distância a partir do limite das ilhas Rasas.

Avaliando agora o campo de 26 de Outubro de 2007, Figuras 5.1-18 a 5.1-23, é possível notar, da mesma forma que no mês de Março e Junho, que à medida que as correntes se aproximam da linha de costa a intensidade se torna cada vez menor. O efeito ilha gerado pelas Rasas também é bem claro em todas as camadas.

Nos dados de Outubro o efeito da Escalvada é mais destacado, sendo representado por uma região ao entorno da ilha onde as correntes tornam-se nitidamente menos intensas.

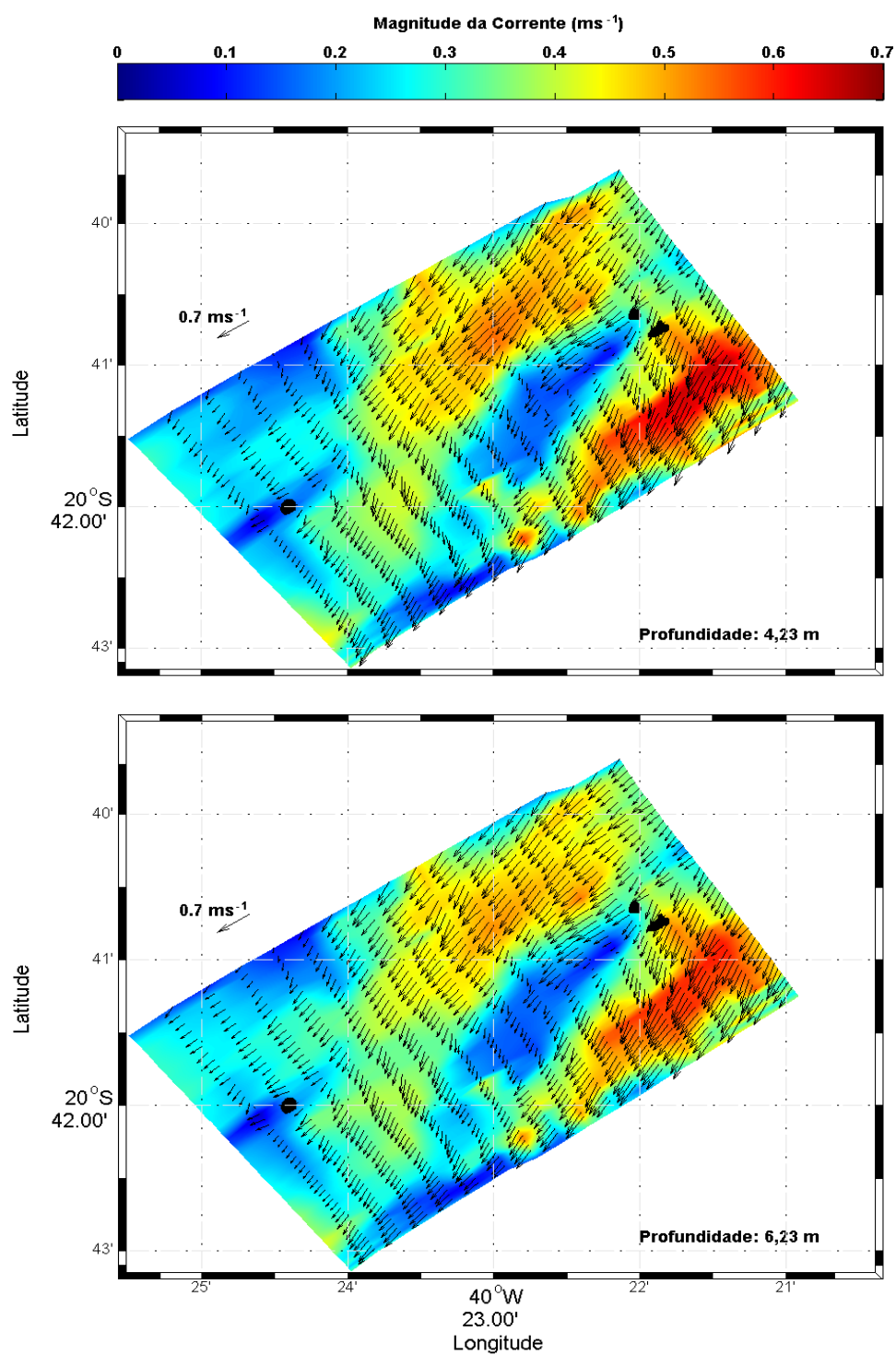


Figura 5.1-18: Distribuição horizontal do campo de correntes para 26 de Outubro de 2007 para as células de 4,23 m e 6,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

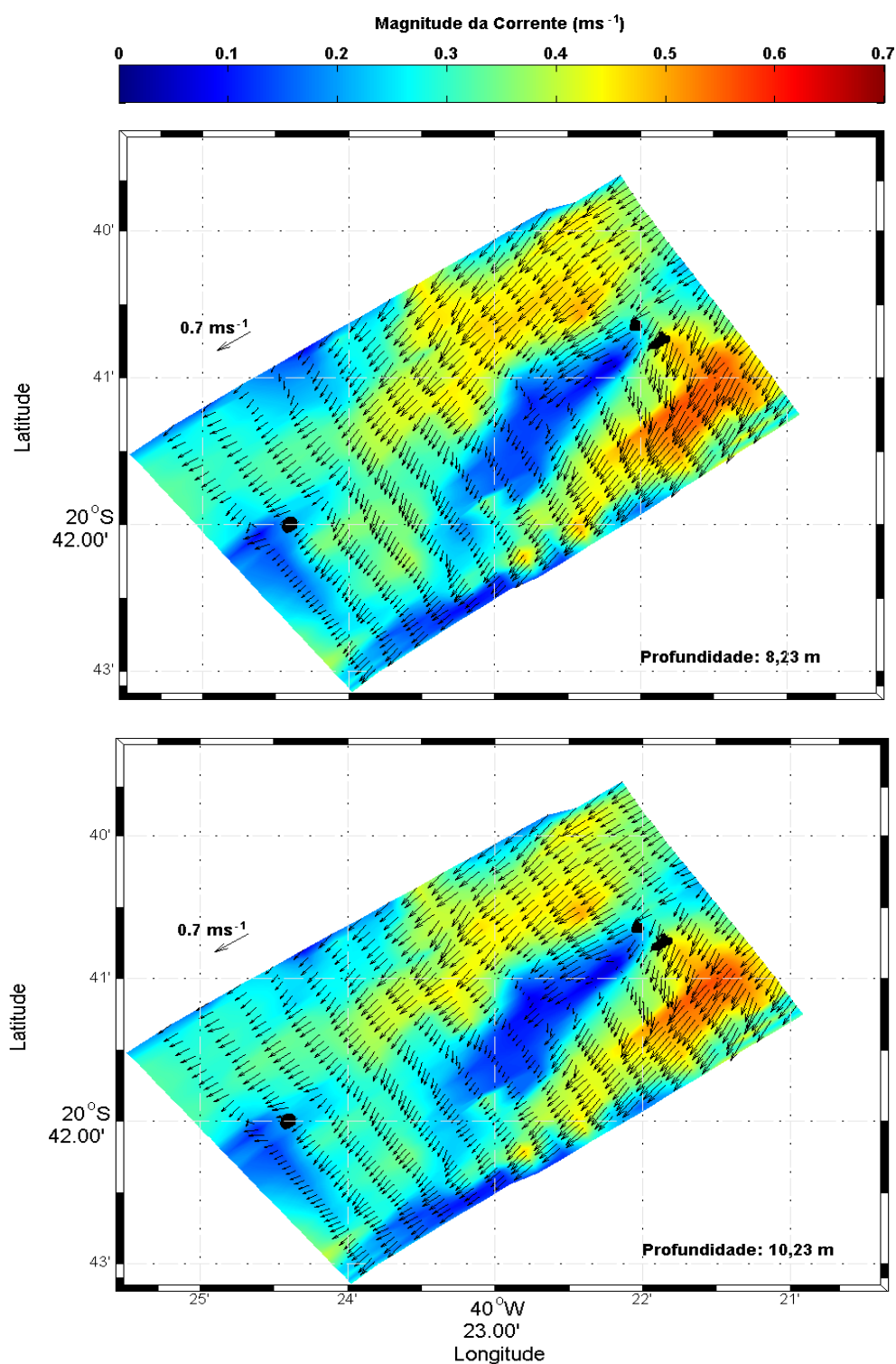


Figura 5.1-19: Distribuição horizontal do campo de correntes para 26 de Outubro de 2007 para as células de 8,23 m e 10,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

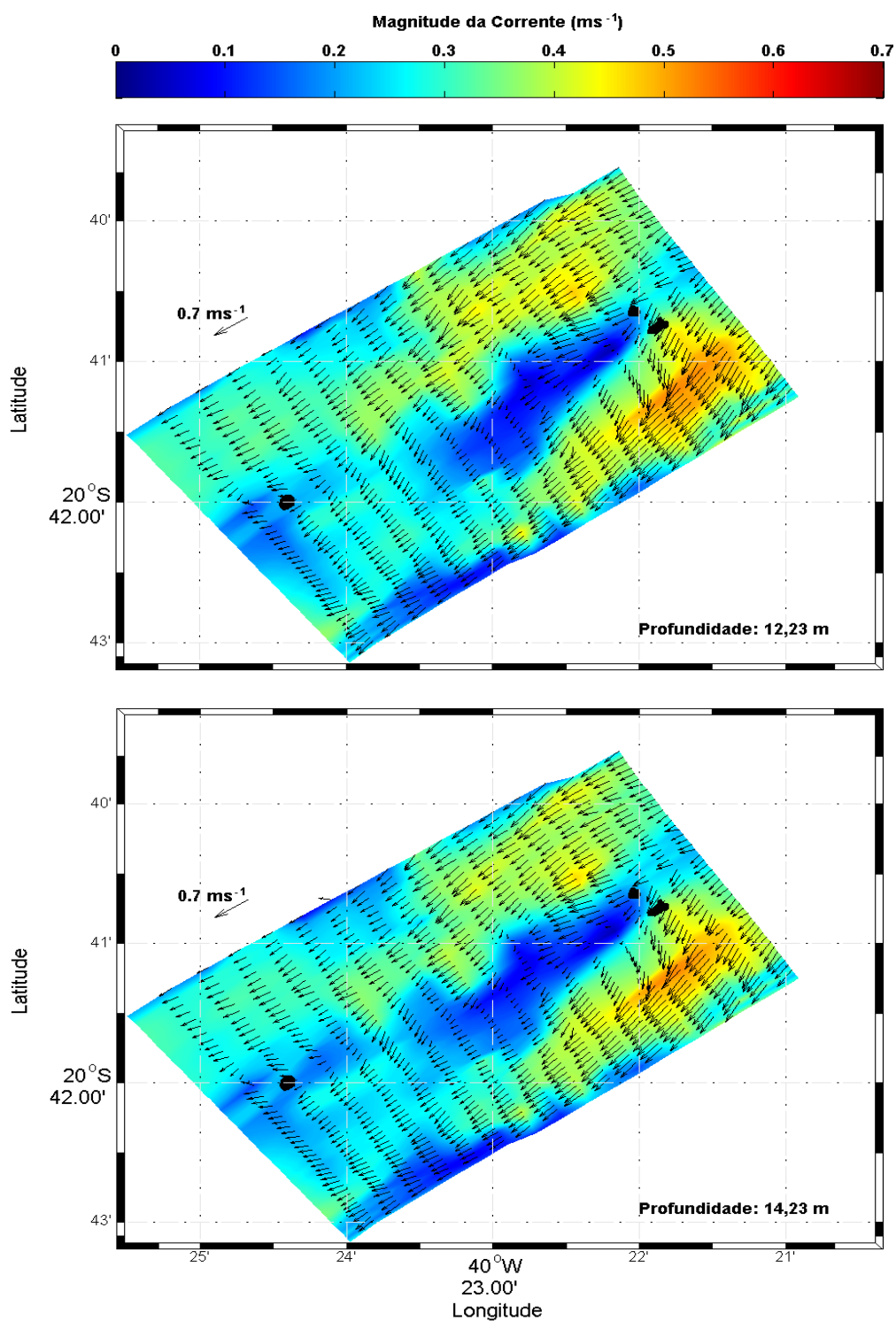


Figura 5.1-20: Distribuição horizontal do campo de correntes para 26 de Outubro de 2007 para as células de 12,23 m e 14,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

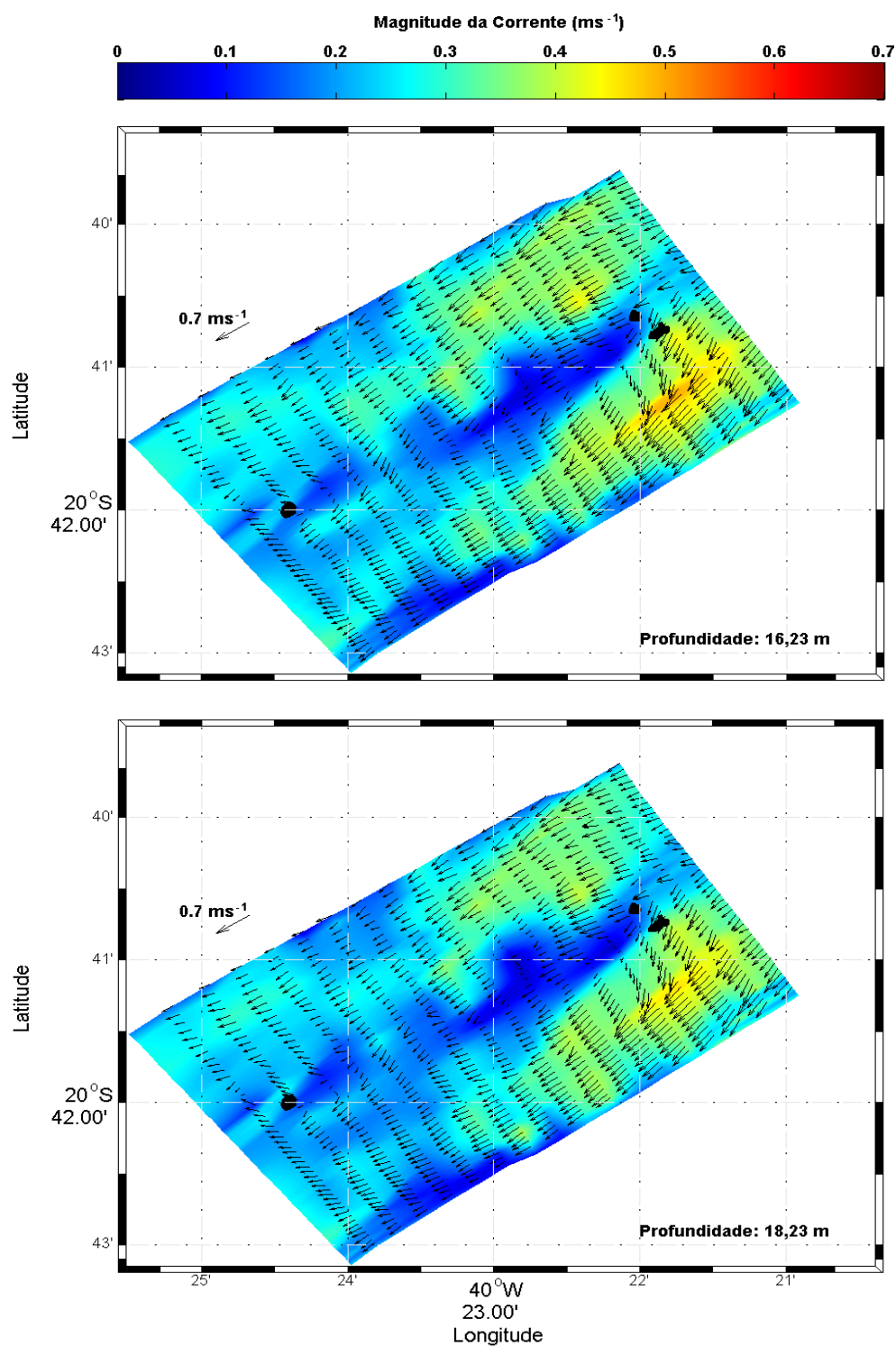


Figura 5.1-21: Distribuição horizontal do campo de correntes para 26 de Outubro de 2007 para as células de 16,23 m e 18,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

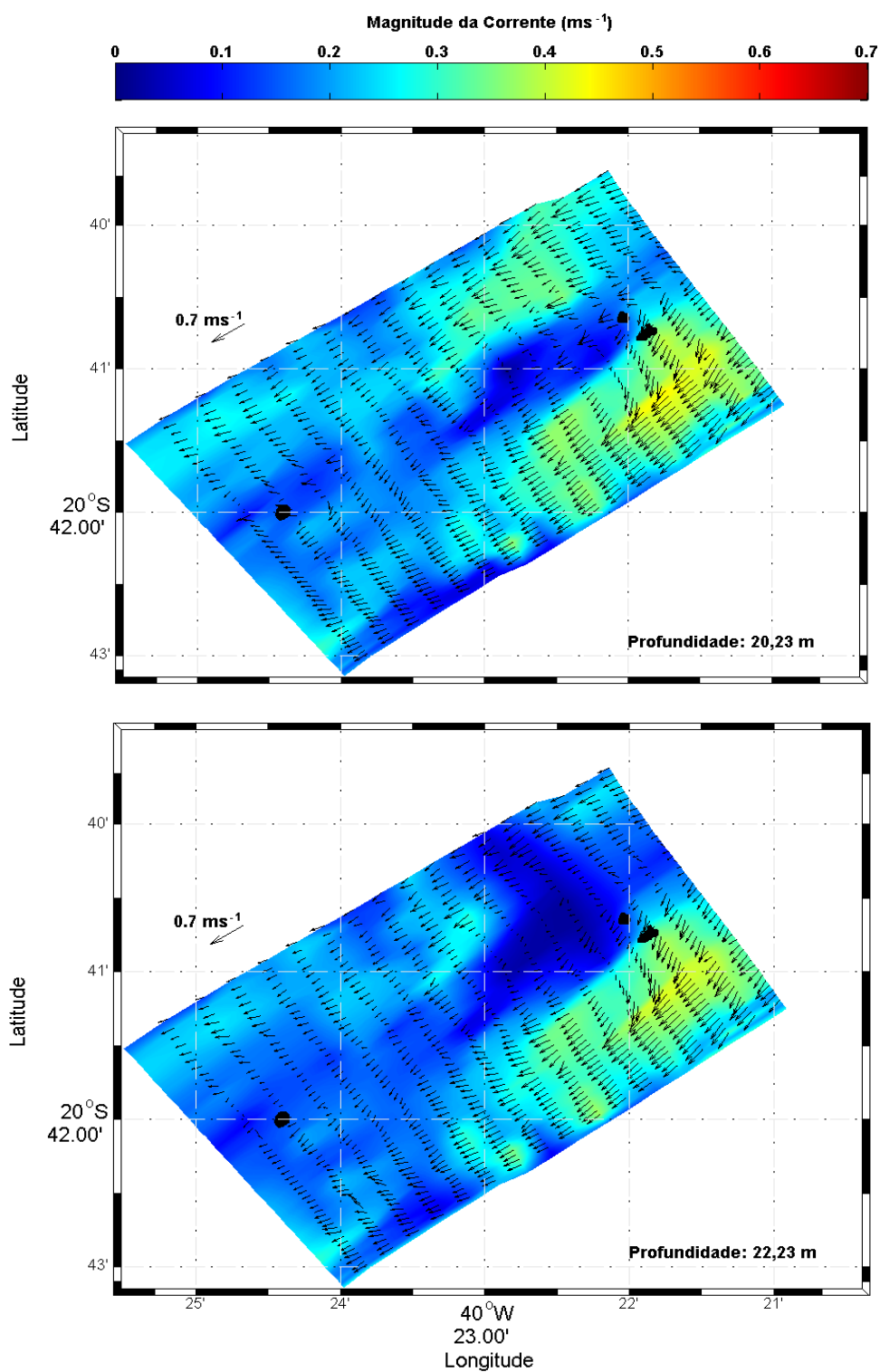


Figura 5.1-22: Distribuição horizontal do campo de correntes para 26 de Outubro de 2007 para as células de 20,23 m e 22,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

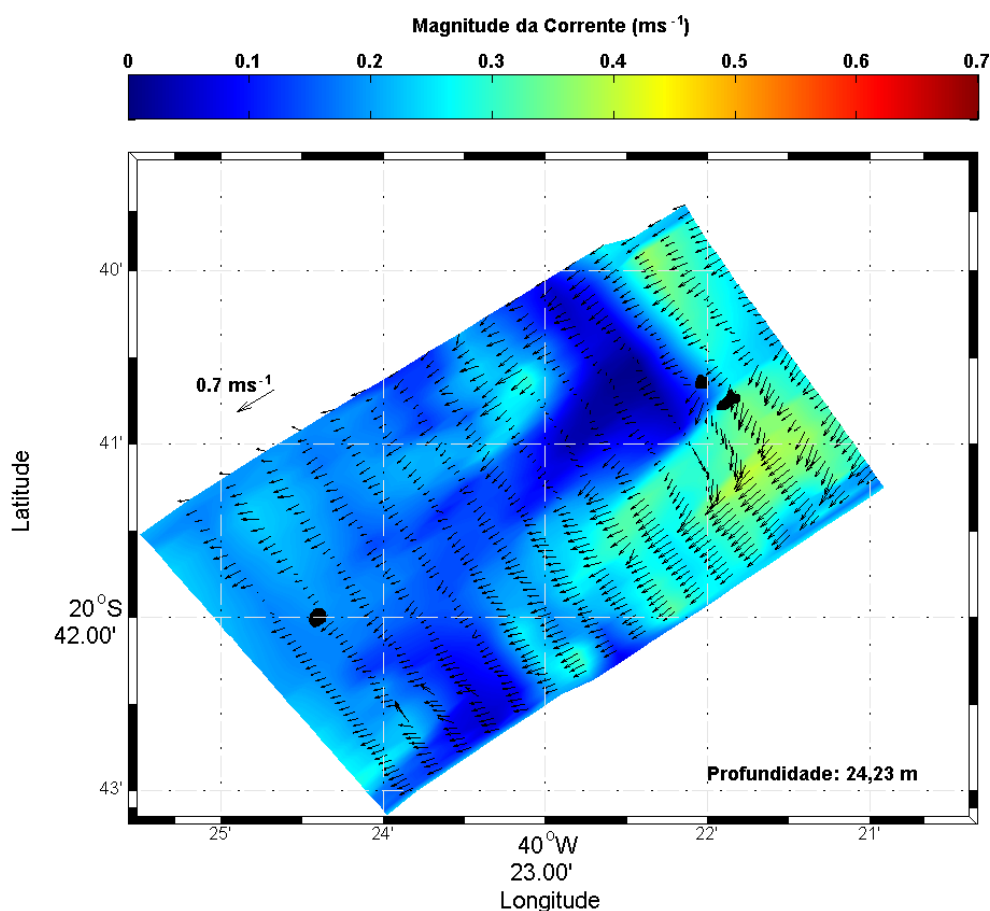


Figura 5.1-23: Distribuição horizontal e vertical da corrente para o campo de 26 de Outubro de 2007 para a célula de 24,23 m. Em preto, à direita e mais ao norte, estão as ilhas Rasas, e à esquerda mais ao sul, a ilha Escalvada. As cores representam a magnitude da corrente.

O efeito no padrão de correntes, também imposto pelas Rasas, para o conjunto de dados da campanha de Outubro pode ser visto na Figura 5.1-24. Neste caso, a desorientação dos vetores foi mais evidente nas camadas mais profundas à medida que a corrente se tornava mais fraca. Observe esse fato na Figura 5.1.18 comparando as camadas de 4 m e 6 m com as profundidades de 20 m e 22 m (Figura 5.1-22). Uma explicação para este fato é que, possivelmente, as feições superficiais alcançavam regiões mais distantes de forma mais rápida devido a maior intensidade das correntes encontradas neste campo.

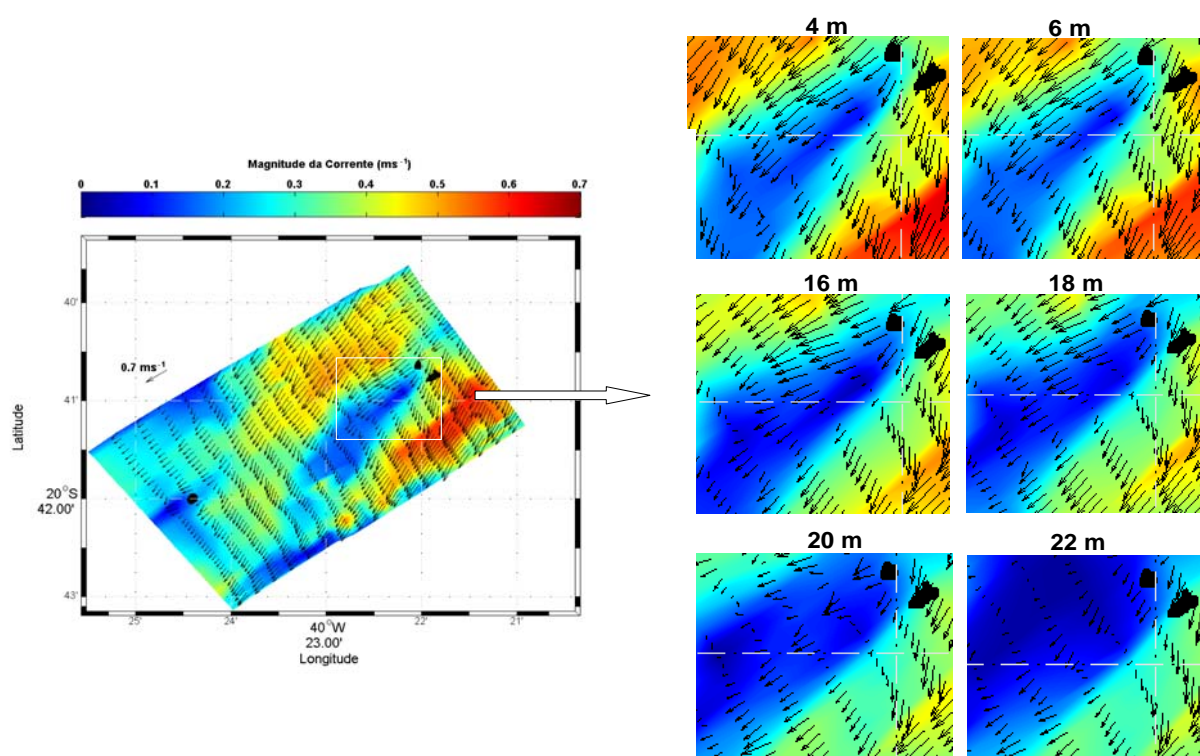


Figura 5.1-24: Efeito ilha à sombra das ilhas Rasas para o campo de 26 de Outubro de 2007 para as células de 4, 6, 16, 18, 20 e 22 m.

As componentes paralela (v) e perpendicular (u) à costa serão agora avaliadas como uma forma alternativa de estudar o comportamento do campo de correntes dos três conjuntos de dados abordados neste trabalho.

A característica comum a todas as campanhas é restrita a v , que se manteve orientada para SW. Este padrão somente era interrompido à sombra das ilhas, marcado nas Figuras 5.1-28, 5.1-31 e 5.1-32 como regiões localizadas onde a componente mudava bruscamente de orientação (Norte).

A componente u mostrou padrões bem diferenciados para os três campos. Em Outubro (Figuras 5.1-33 e 5.1-34) e, mais marcadamente, em Junho (Figuras 5.1-25 e 5.1-26), foi encontrado um padrão que pode ser descrito como um escoamento em duas camadas. Na primeira camada, mais superficial, u se direcionava para o oceano e no restante da coluna de água em direção à costa.

Nos dados da campanha de Junho foi encontrado, até aproximadamente 15 m de profundidade, um escoamento direcionado a *offshore* e, a partir deste ponto até o fundo, esse sentido se inverteu, sendo *onshore*. A intensidade do escoamento destas duas camadas assumiu valores bem próximos, estando, em termos de valores absolutos, em torno de 0.1 m.s^{-1} . A componente paralela (Figuras 5.1-27 e 5.1-28) se mostrou mais intensa, sendo superficialmente marcada por intensidades em torno de 0.2 m.s^{-1} e mais próxima ao fundo de 0.15 m.s^{-1} .

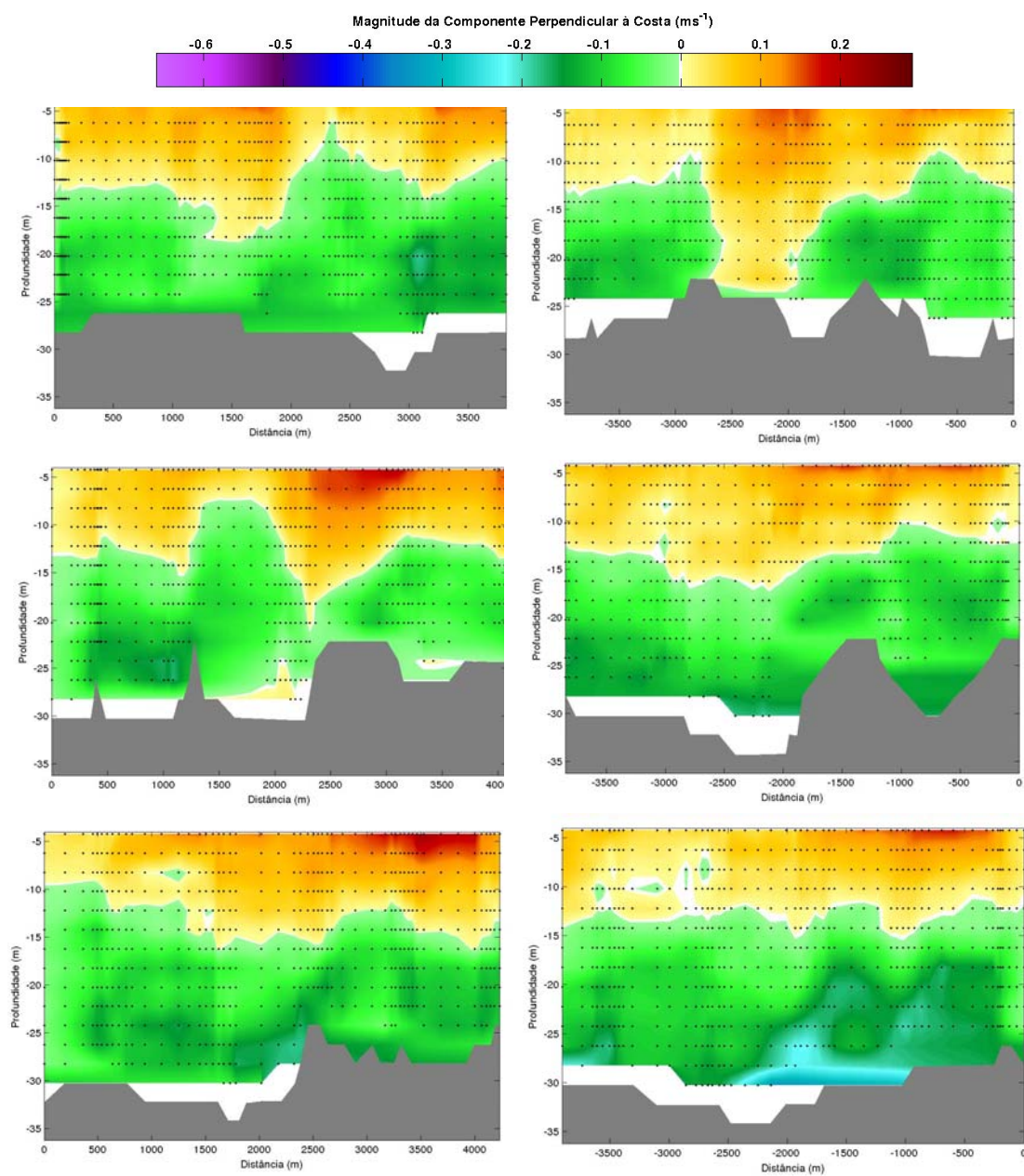


Figura 5.1-25: Distribuição vertical da componente u para o campo de 23 de Junho de 2006 para as radiais de 1 a 6. Magnitudes positivas/negativas indicam fluxos em direção ao oceano aberto/à costa, respectivamente. Os pontos escuros marcam os locais onde foram obtidos os dados reais e o fundo está representado em cinza. Os dois gráficos superiores correspondem às radiais 1 (esquerda) e 2 (direita), e assim sucessivamente.

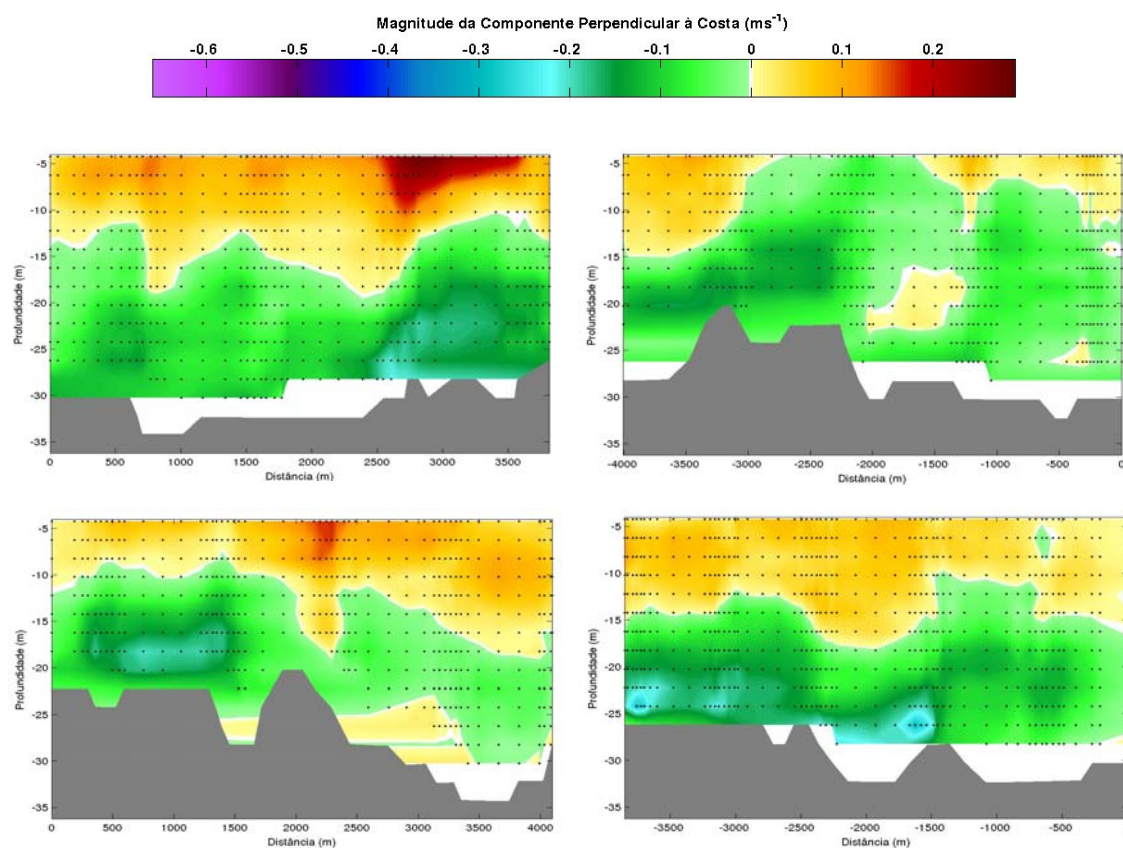


Figura 5.1-26: Distribuição vertical da componente u para o campo de 23 de Junho de 2006 para as radiais de 7 a 10. Magnitudes positivas/negativas indicam fluxos em direção ao oceano aberto/à costa, respectivamente. Os pontos escuros marcam os locais onde foram obtidos os dados reais e o fundo está representado em cinza. Os dois gráficos superiores correspondem às radiais 7 (esquerda) e 8 (direita), e assim sucessivamente.

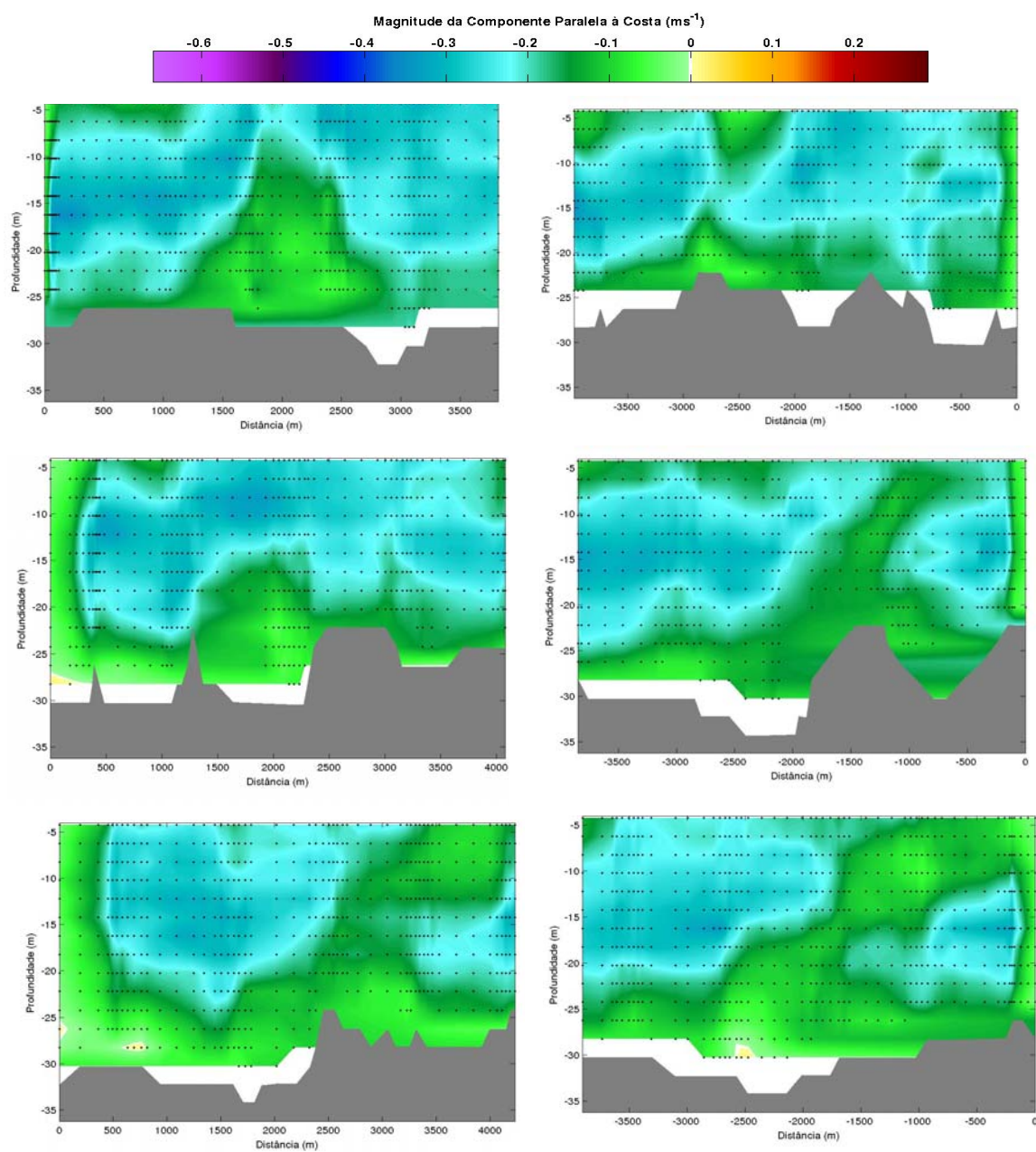


Figura 5.1-27: Distribuição vertical da componente v para o campo de 23 de Junho de 2006 para as radiais de 1 a 6. Magnitudes positivas/negativas indicam fluxos em direção ao norte/ao sul, respectivamente. Os pontos escuros marcam os locais onde foram obtidos os dados reais e o fundo está representado em cinza. Os dois gráficos superiores correspondem às radiais 1 (esquerda) e 2 (direita), e assim sucessivamente.

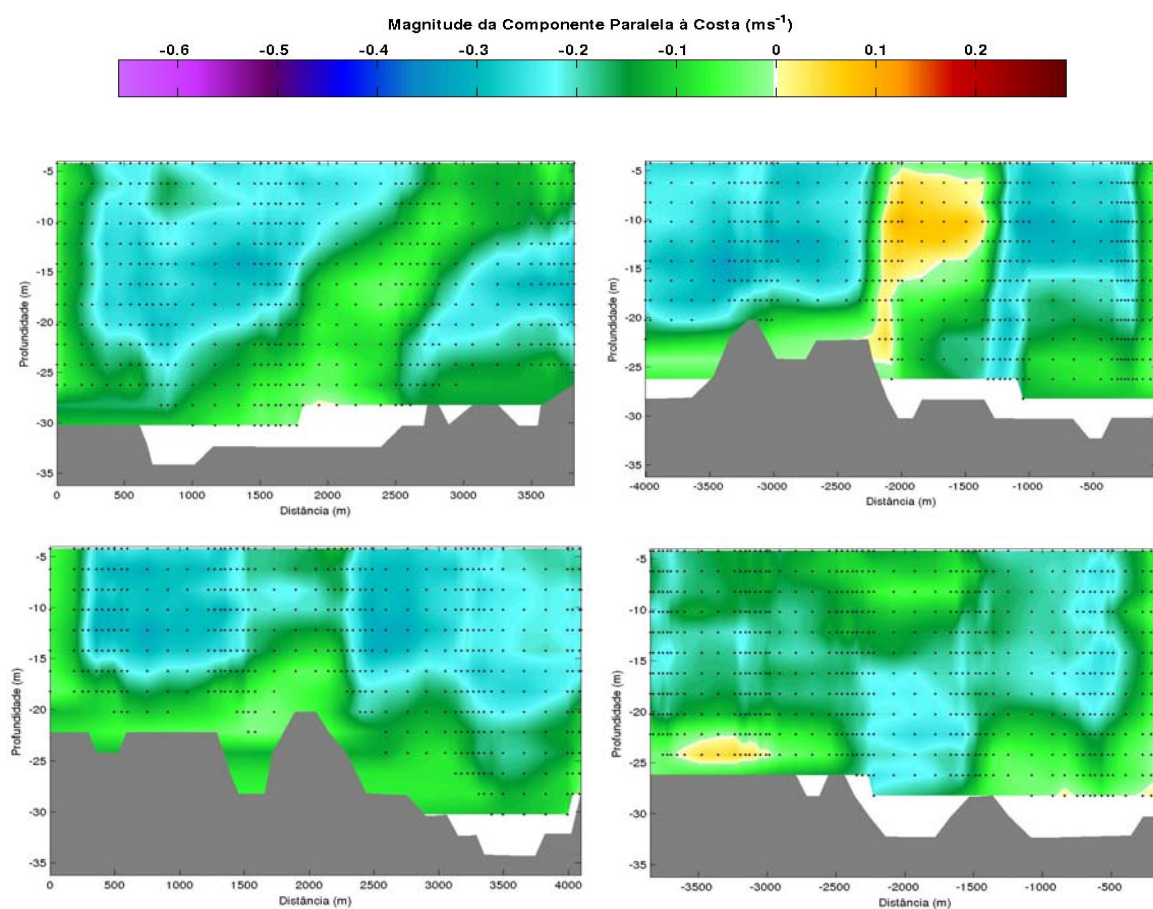


Figura 5.1-28: Distribuição vertical da componente v para o campo de 23 de Junho de 2006 para as radiais de 7 a 10. Magnitudes positivas/negativas indicam fluxos em direção ao norte/ao sul, respectivamente. Os pontos escuros marcam os locais onde foram obtidos os dados reais e o fundo está representado em cinza. Os dois gráficos superiores correspondem às radiais 7 (esquerda) e 8 (direita), e assim sucessivamente.

Diferentemente dos dados das campanhas de Junho e Outubro, a componente u para o mês de Março (Figuras 5.1-29 e 5.1-30) se apresentou inteiramente orientada para a costa, à exceção das feições geradas pelo efeito ilha, evidenciadas nas radiais 1, 2, 5, e 6, e por outros processos turbulentos. Além dessas características peculiares, pode ser visto na radial 9 uma recirculação promovida pela elevação de uma região do fundo, direcionando a água a *offshore* enquanto o restante da coluna se direcionava para a costa. A intensidade desta componente oscilou em torno de 0.1 ms^{-1} .

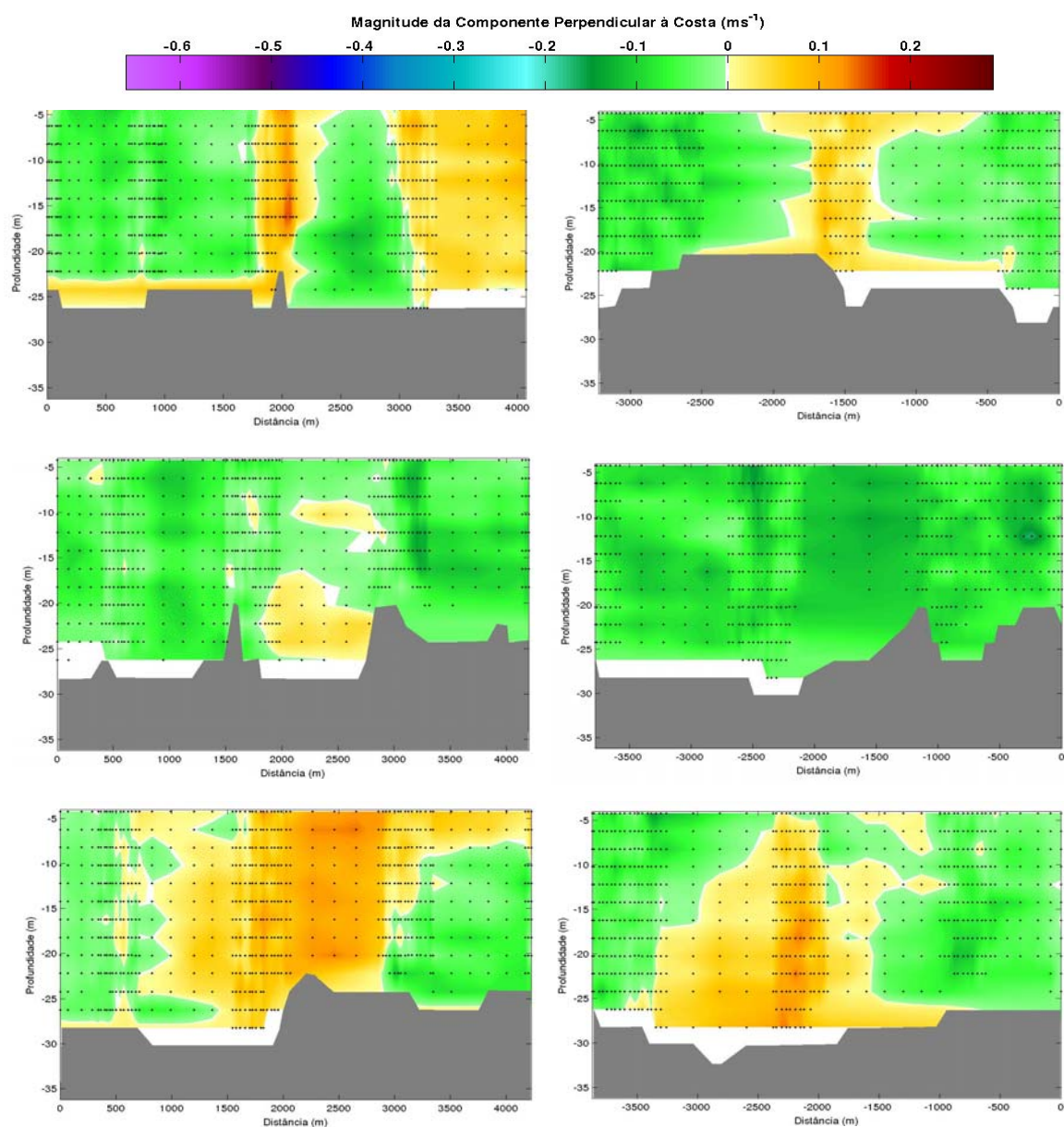


Figura 5.1-29: Distribuição vertical da componente u para o campo de 8 de Março de 2007 para as radiais de 1 a 6. Magnitudes positivas/negativas indicam fluxos em direção ao oceano aberto/à costa, respectivamente. Os pontos escuros marcam os locais onde foram obtidos os dados reais e o fundo está representado em cinza. Os dois gráficos superiores correspondem às radiais 1 (esquerda) e 2 (direita), e assim sucessivamente.

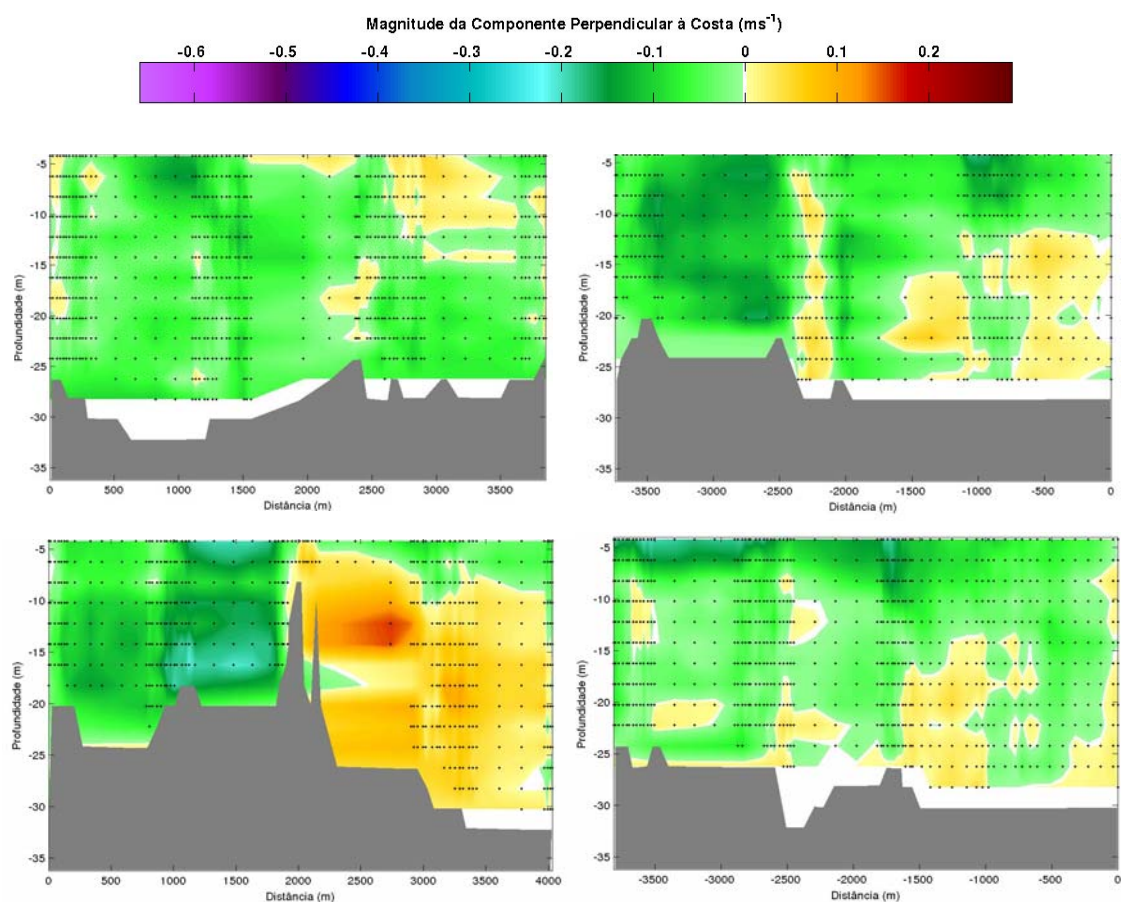


Figura 5.1-30: Distribuição vertical da componente u para o campo de 8 de Março de 2007 para as radiais de 7 a 10. Magnitudes positivas/negativas indicam fluxos em direção ao oceano aberto/à costa, respectivamente. Os pontos escuros marcam os locais onde foram obtidos os dados reais e o fundo está representado em cinza. Os dois gráficos superiores correspondem às radiais 7 (esquerda) e 8 (direita), e assim sucessivamente.

Nem sempre as feições geradas pelas ilhas eram acompanhadas pela mudança na orientação de ambas componentes, mas, muitas vezes, apenas por uma redução na magnitude da componente, como demarcado na distribuição de v para as radiais 1, 4 e 5 da Figura 5.1-31 e também observado no campo horizontal de correntes (Figuras de 5.1-11 a 5.1-16).

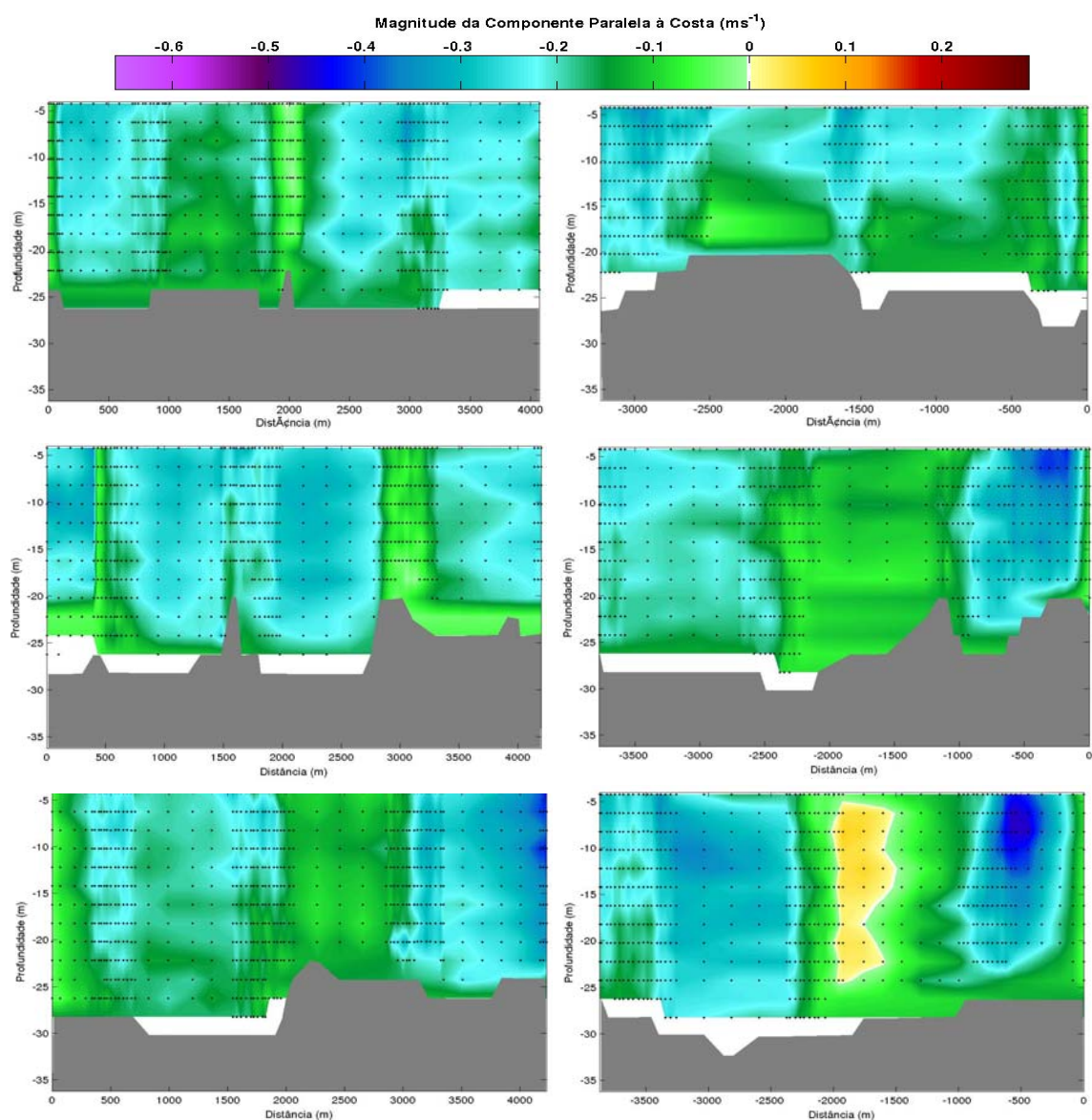


Figura 5.1-31: Distribuição vertical da componente v para o campo de 8 de Março de 2007 para as radiais de 1 a 6. Magnitudes positivas/negativas indicam fluxos em direção ao norte/ao sul, respectivamente. Os pontos escuros marcam os locais onde foram obtidos os dados reais e o fundo está representado em cinza. Os dois gráficos superiores correspondem às radiais 1 (esquerda) e 2 (direita), e assim sucessivamente.

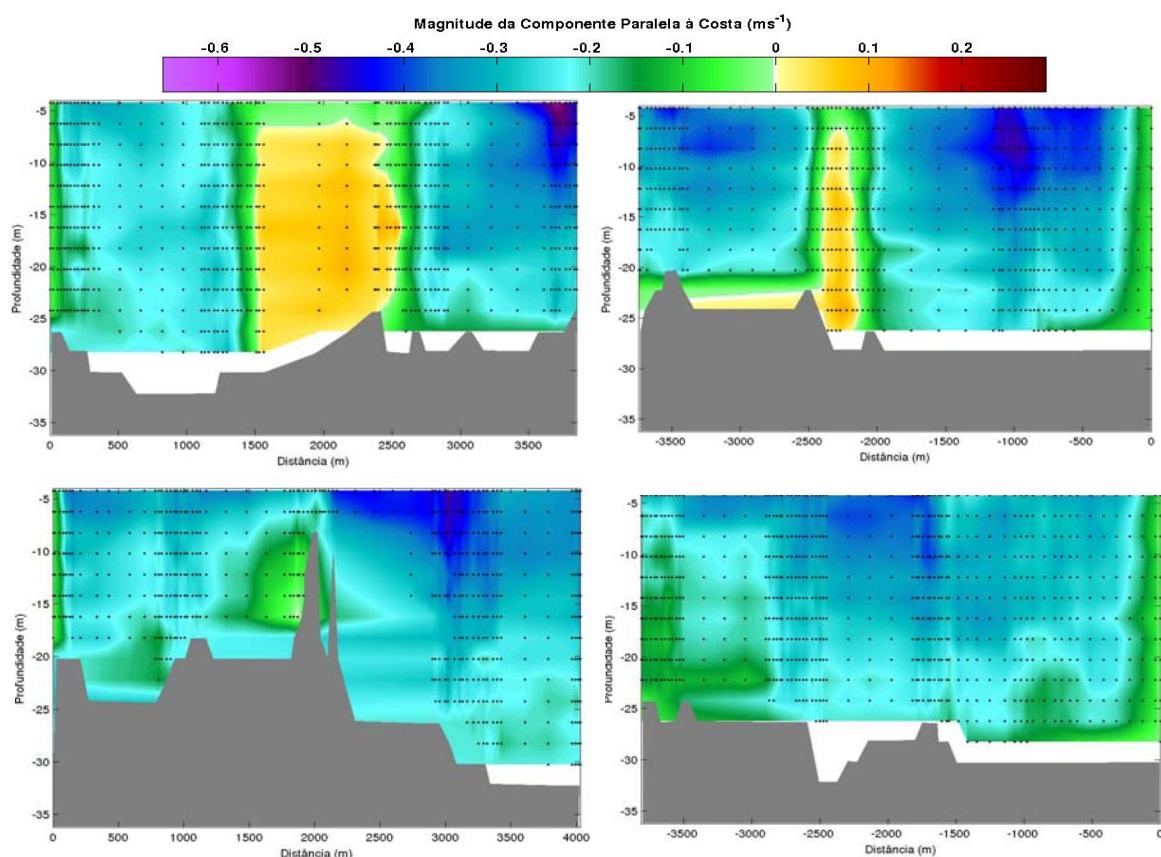


Figura 5.1-32: Distribuição vertical da componente u para o campo de 8 de Março de 2007 para as radiais de 7 a 10. Magnitudes positivas/negativas indicam fluxos em direção ao norte/ao sul, respectivamente. Os pontos escuros marcam os locais onde foram obtidos os dados reais e o fundo está representado em cinza. Os dois gráficos superiores correspondem às radiais 7 (esquerda) e 8 (direita), e assim sucessivamente.

Observando a distribuição de u para o mês de Outubro é possível notar que, novamente, assim como em Junho, a coluna de água também apresentou circulação em duas camadas. A diferença entre os dois campos se apresentou na espessura da porção de água superficial que se direcionou a *offshore*. Em Junho essa camada se estendeu até aproximadamente metade da coluna de água, enquanto que em Outubro ficou mais restrita às porções mais superficiais.

O efeito ilha também foi observado nos dados da campanha de Outubro e pode ser visto bem demarcado na radial 8, tanto para u (Figura 5.1-34) quanto para v (Figura 5.1-36).

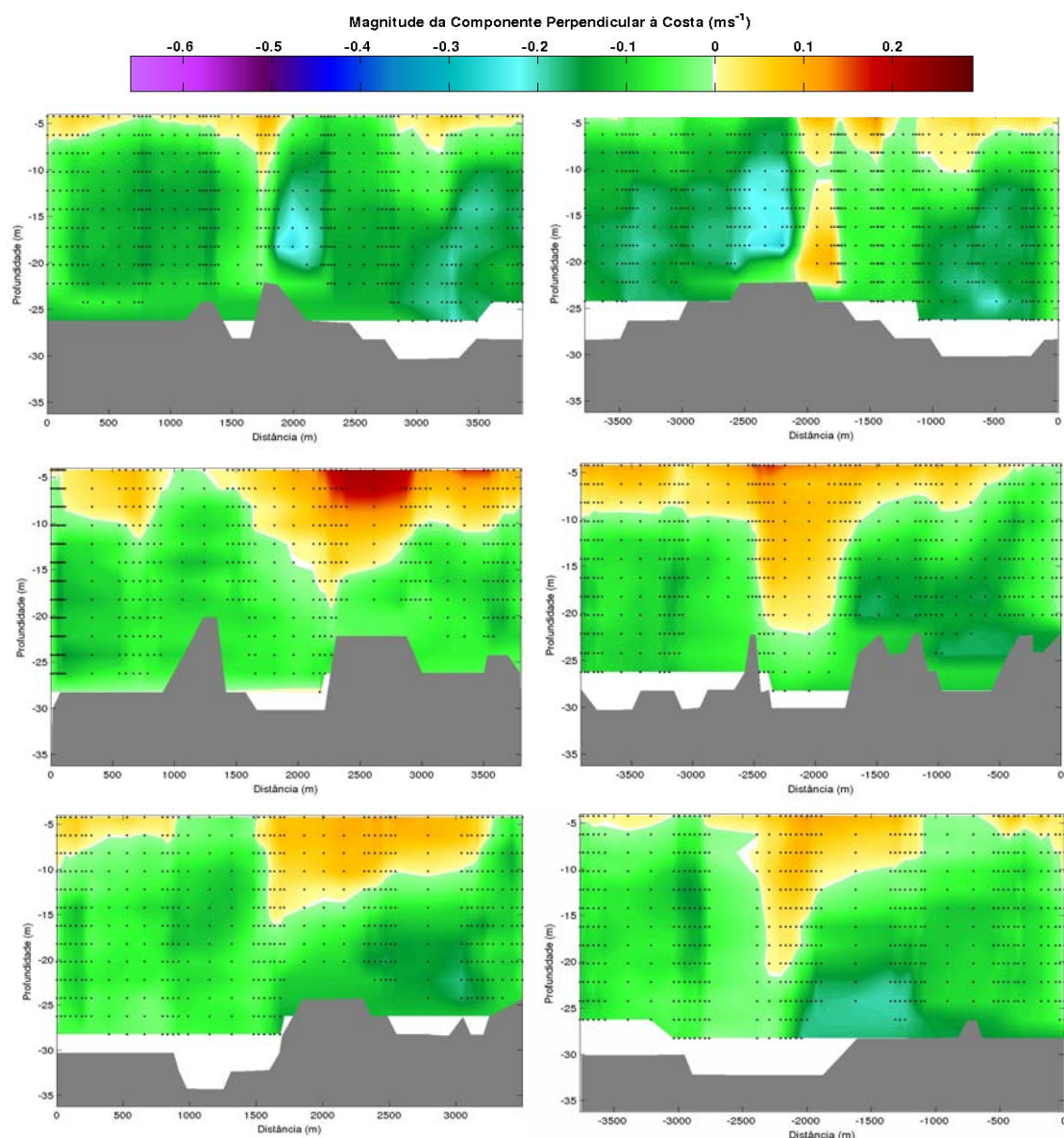


Figura 5.1-33: Distribuição vertical da componente u para o campo de 26 de Outubro de 2007 para as radiais de 1 a 6. Magnitudes positivas/negativas indicam fluxos em direção ao oceano aberto/à costa, respectivamente. Os pontos escuros marcam os locais onde foram obtidos os dados reais e o fundo está representado em cinza. Os dois gráficos superiores correspondem às radiais 1 (esquerda) e 2 (direita), e assim sucessivamente.

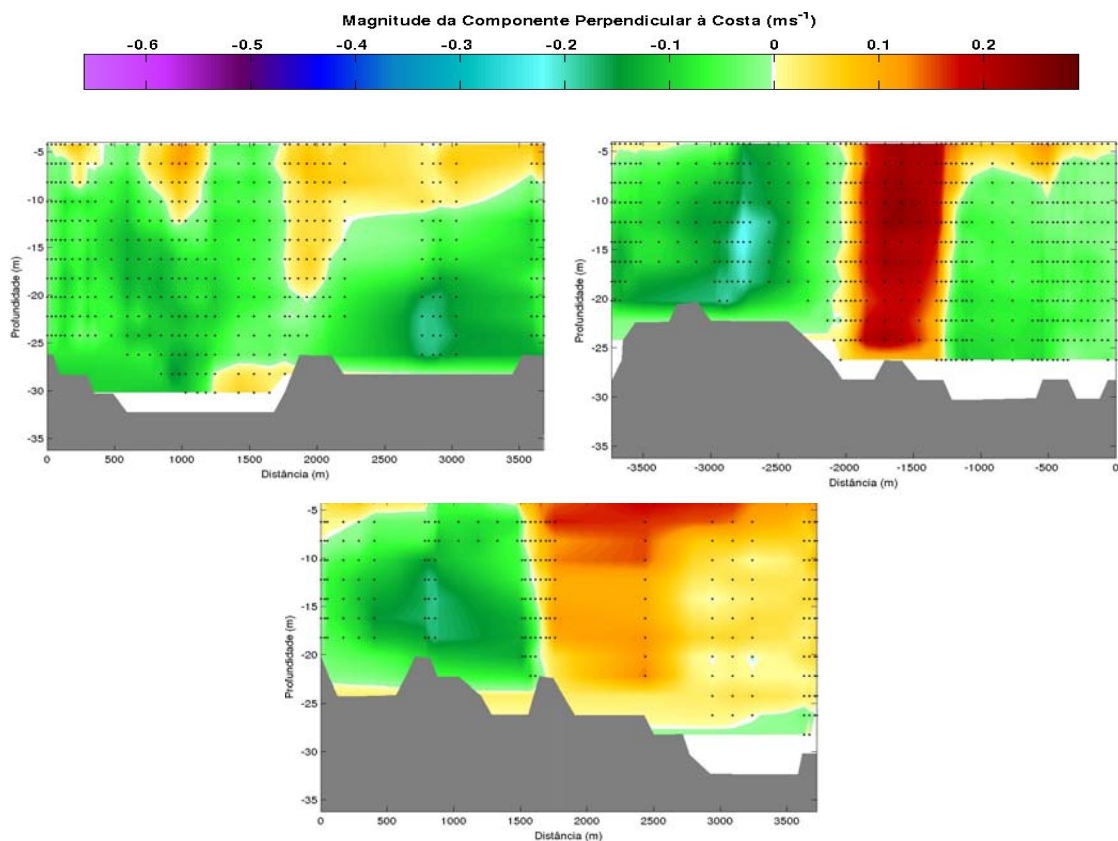


Figura 5.1-34: Distribuição vertical da componente u para o campo de 26 de Outubro de 2007 para as radiais de 7 a 9. Magnitudes positivas/negativas indicam fluxos em direção ao oceano aberto/à costa, respectivamente. Os pontos escuros marcam os locais onde foram obtidos os dados reais e o fundo está representado em cinza. Os dois gráficos superiores correspondem às radiais 7 (esquerda) e 8 (direita), e assim sucessivamente.

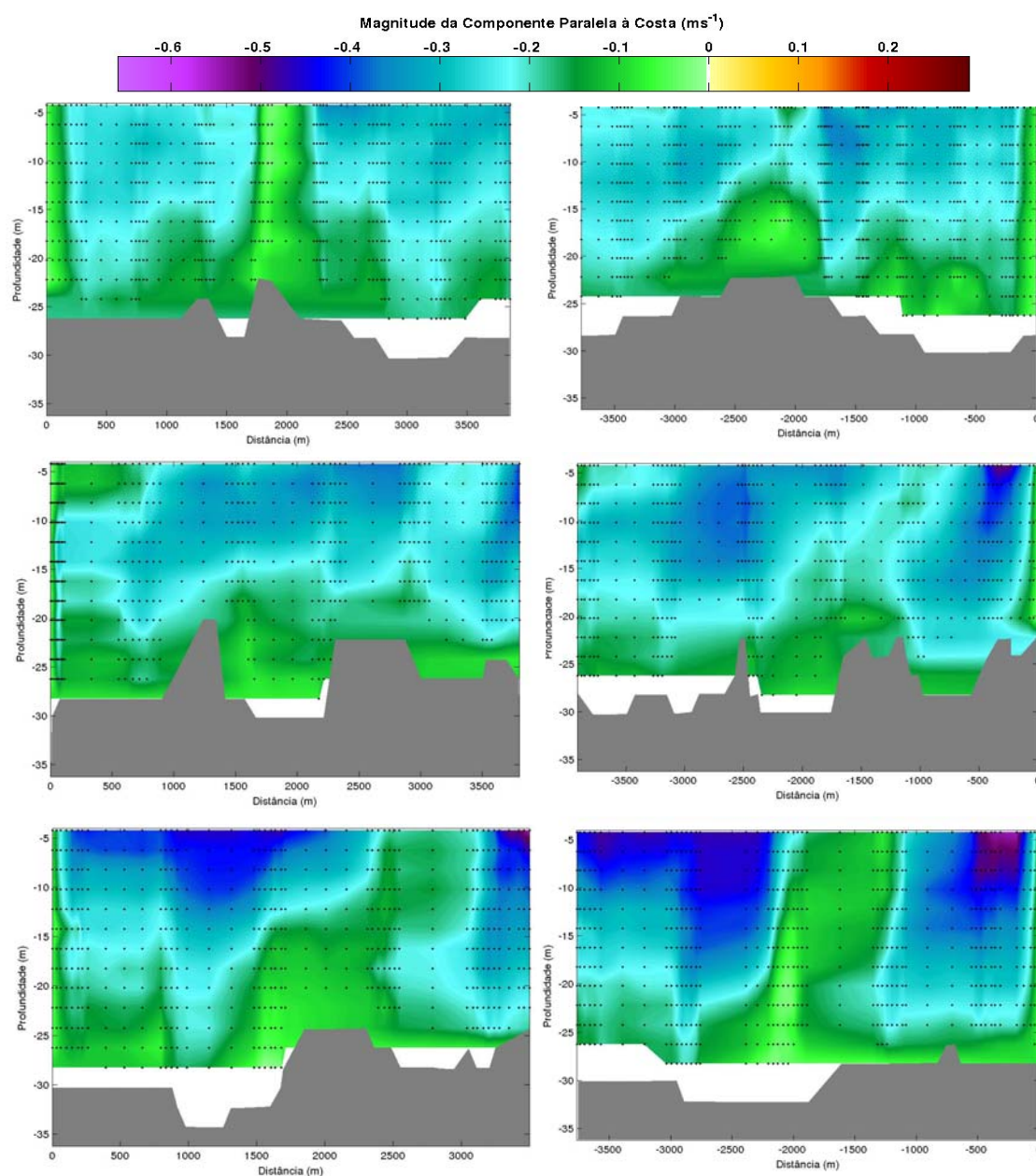


Figura 5.1-35: Distribuição vertical da componente v para o campo de 26 de Outubro de 2007 para as radiais de 1 a 6. Magnitudes positivas/negativas indicam fluxos em direção ao norte/ao sul, respectivamente. Os pontos escuros marcam os locais onde foram obtidos os dados reais e o fundo está representado em cinza. Os dois gráficos superiores correspondem às radiais 1 (esquerda) e 2 (direita), e assim sucessivamente.

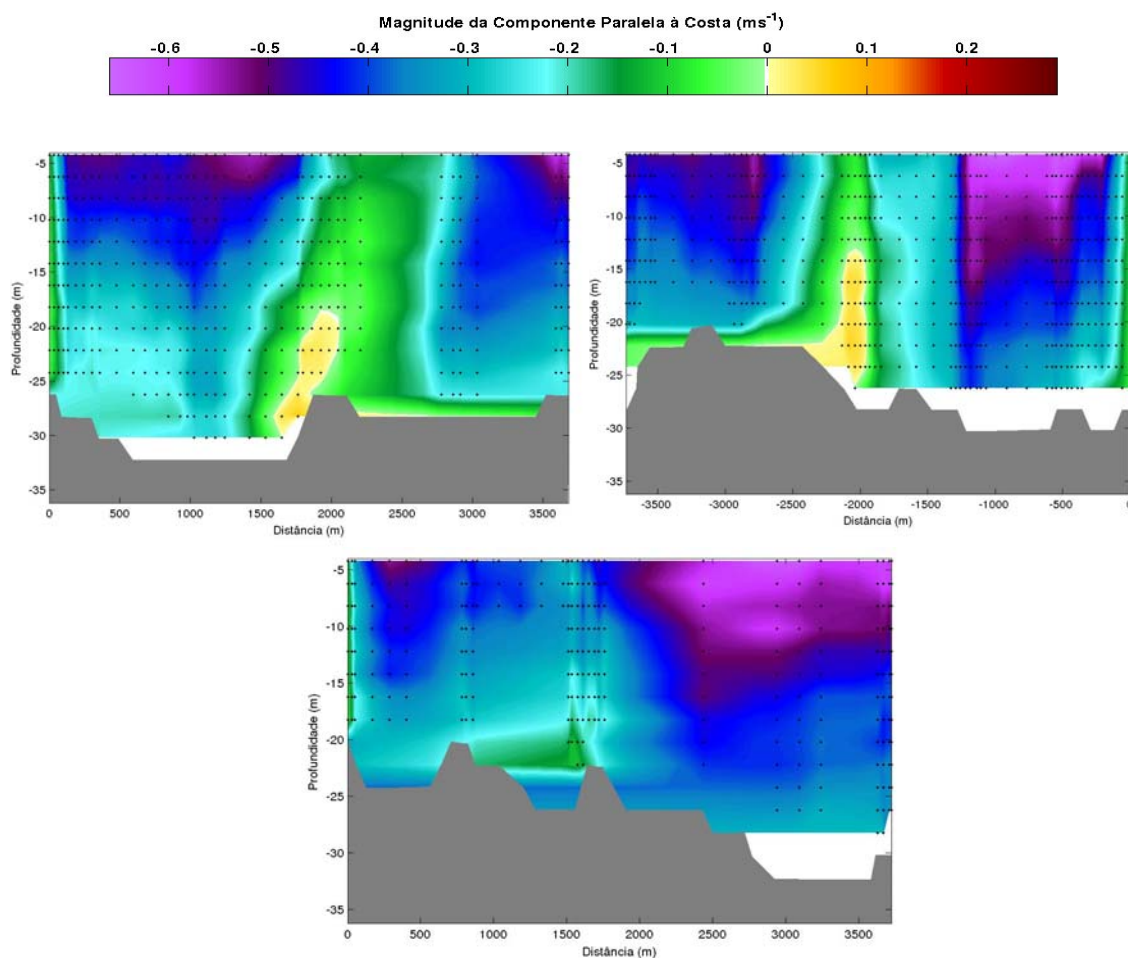


Figura 5.1-36: Distribuição vertical da componente v para o campo de 26 de Outubro de 2007 para as radiais de 1 a 9. Magnitudes positivas/negativas indicam fluxos em direção ao norte/ao sul, respectivamente. Os pontos escuros marcam os locais onde foram obtidos os dados reais e o fundo está representado em cinza. Os dois gráficos superiores correspondem às radiais 7 (esquerda) e 8 (direita), e assim sucessivamente.

5.2 Avaliação do Escoamento Médio

De acordo com os resultados apresentados no item 5.1, o que mais se destacou entre os três conjuntos de dados foi a diferença nos campos de correntes do mês de Junho de 2006 e Outubro de 2007 em relação a Março de 2007. Buscando encontrar respostas para estas questões, o campo de ventos dos dias que antecederam as coletas e imagens de satélite foram utilizadas para as análises conjuntas com o campo de correntes.

A distribuição das componentes perpendicular e paralela à costa da velocidade do vento em escala sub e suprainercial e o vento horário em escala subinercial estão apresentados na Figura 5.2-1. É possível notar que nos três dias que antecederam à campanha de Junho, o vento era proveniente praticamente de N, aumentando em intensidade gradativamente até atingir um máximo de aproximadamente 4 m.s^{-1} no dia anterior à coleta. Esta magnitude se deveu, principalmente, à componente v , com quase o dobro da magnitude de u .

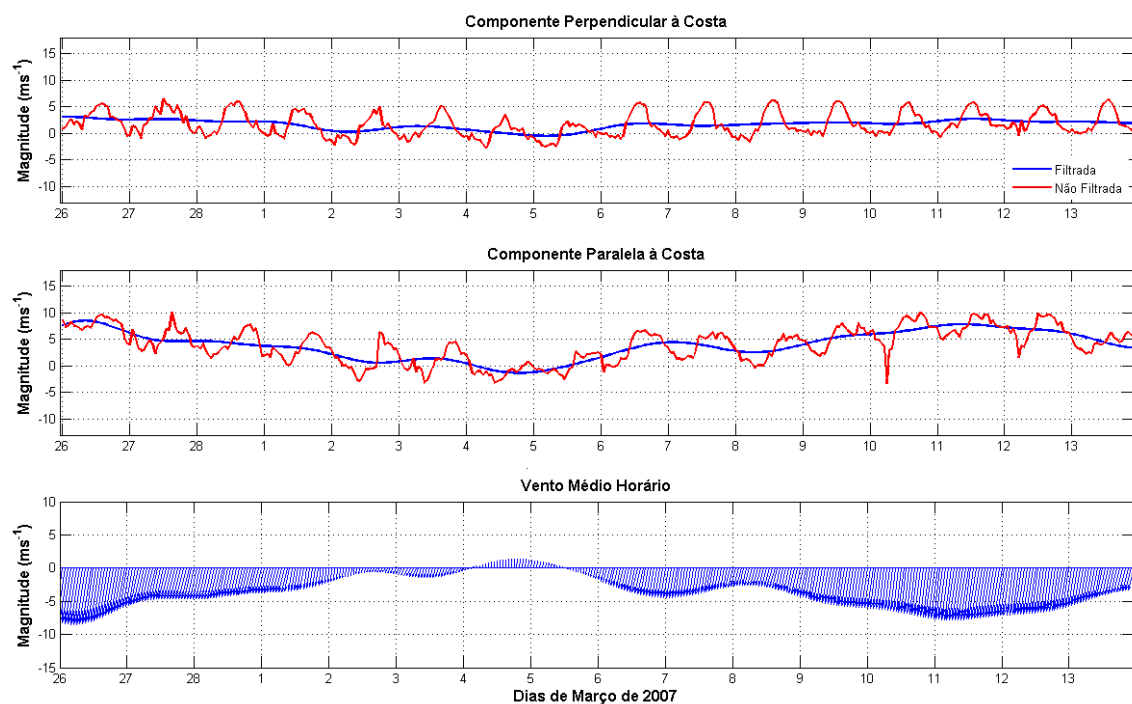
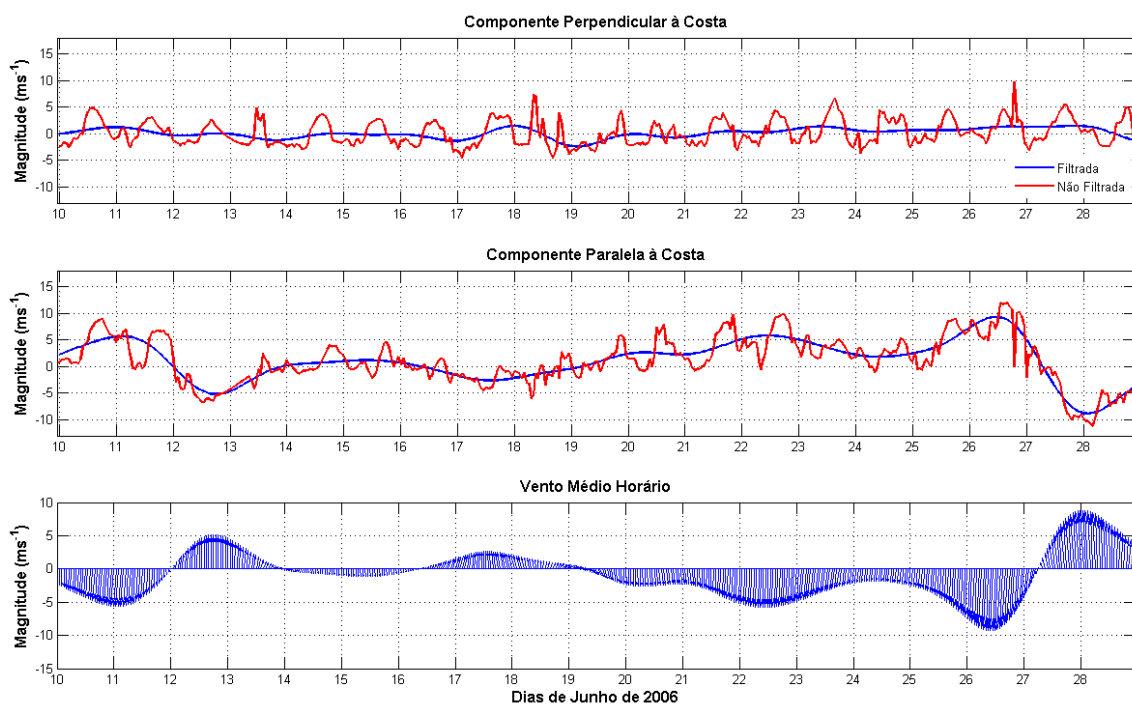
Em Outubro, no dia 22, o vento atingiu quase 9 m.s^{-1} e, da mesma forma que em Junho, a componente v se mostrou mais intensa que u , aproximadamente 7 vezes mais.

O que diferenciou os campos de vento de Junho e Outubro foi o tempo no qual o vento soprou de N e a distribuição dos dados termohalinos ao longo da coluna de água. Em Junho, mesmo variando de intensidade, os ventos se mantiveram de N por 3 dias (de 20/06/2006 a 22/06/2006) - Figura 5.2-1 - antes do período de coleta, e em Outubro, 2 dias (24/10/2007 a 25/10/2007), sendo que no dia 24/10/2007 o padrão se recuperava da passagem de uma frente fria que, de acordo com as observações de Leite (2005) sobre a plataforma, pode ter causado uma mudança satisfatória no padrão de correntes superficiais.

O direcionamento superficial da componente normal à costa encontrado nos campos de Junho e Outubro e o padrão de ventos sugere concordância, uma vez que a camada de água mais espessa que se direcionava ao oceano na campanha de Junho está de acordo com a maior constância na orientação dos ventos, oriundos de Norte, em relação a Outubro. Além disso, o cálculo da anomalia de densidade ao longo da coluna de água (Figura 5.1-1) para o mês de Junho se mostrou praticamente constante até os 4 m de profundidade, enquanto que Outubro exibiu uma picnoclina bem definida até a mesma profundidade, dificultando a transferência de momento do vento para regiões mais profundas da coluna de água.

O campo de correntes descrito acima para o período de Junho de 2006 e Outubro de 2007 mostra semelhanças com o processo de ressurgência de água explicada pela dinâmica de Ekman, onde a água superficial é direcionada ao oceano aberto, enquanto que massas de água de regiões mais profundas se movem em direção à costa.

Além da característica de um oceano em duas camadas, os dados de Junho e Outubro evidenciaram rotação ciclônica (horária) dos vetores de velocidade resultante à medida que se aproximavam do fundo. Leite (2005) também observou padrão semelhante sobre a plataforma interna de Cabo Frio (RJ) em períodos de ressurgência, o que sugere que o padrão de circulação encontrado na área de estudo pode estar ligado a um processo de ascensão de água.



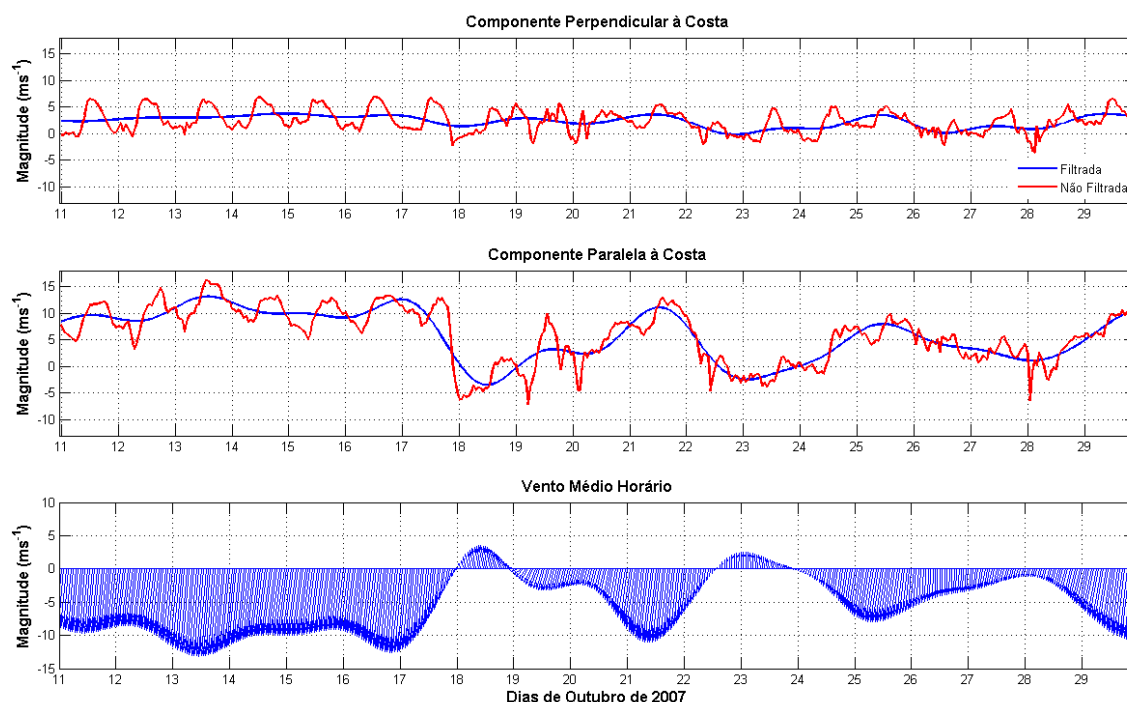


Figura 5.2-1: Componentes paralela (u) e perpendicular à costa (v), direção e magnitude do vento para o mês de Junho de 2006, Março de 2007 e 26 de Outubro de 2007, respectivamente. A linha em azul representa a componente subinercial do vento e em vermelho o dado original (sem filtragem). Valores negativos (positivos) para u indicam ventos do continente (oceano) e valores negativos (positivos) para v indicam ventos vindos de sul (norte).

De alguma forma o escoamento em Março se diferenciou dos campos de Junho e Outubro, apresentando fluxo direcionado entre 222° e 224° ao longo de toda coluna de água. O fato de o padrão de ventos ser semelhante para os três campos e, mesmo assim, os dados de corrente de Março se apresentarem diferentes em relação a Junho e Outubro, possivelmente, reflete a sobreposição de uma forçante à ação do vento. De acordo com a análise espectral de correntes realizada por Mazzini (2009) sobre a plataforma continental interna da região sudeste, a variabilidade mais energética da componente paralela à costa está presente em frequências subinerciais, cuja faixa do espectro contém os gradientes de densidade.

Como uma forma alternativa de avaliar as discussões anteriores, imagens obtidas pelo sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) do satélite Acqua foram transformadas em clorofila-a (mg.m^{-3}), Figura 5.2-2, e posteriormente avaliadas.

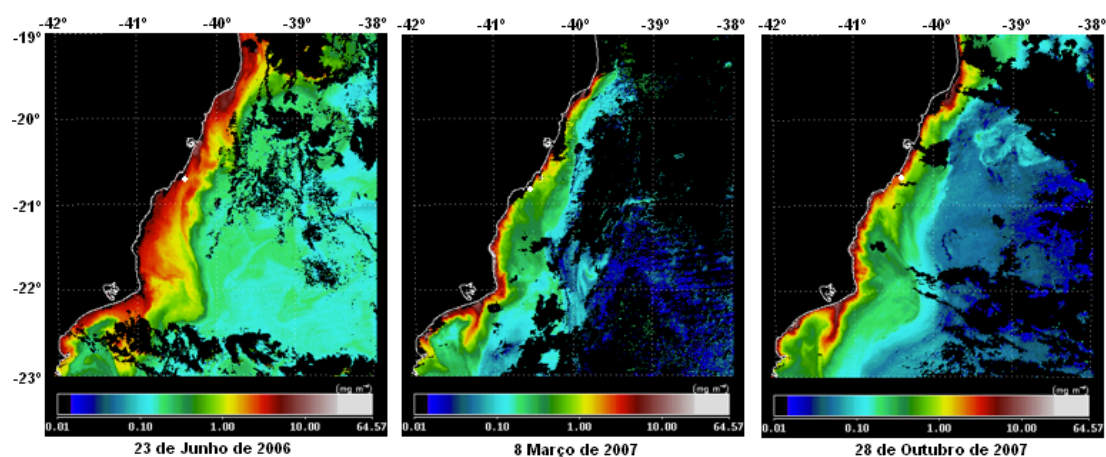


Figura 5.2-2: Imagens de clorofila-a (mg.m^{-3}) a partir de informações obtidas pelo sensor MODIS do satélite Acqua para o dia 23 de Junho de 2006, 8 de Março de 2007 e 28 de Outubro de 2007, respectivamente. As imagens possuem resolução espacial de 1km x 1km. O ponto branco próximo à costa sobre a latitude de 20.5°S marca a região de coleta dos dados.

As imagens exibem semelhanças com os padrões de corrente, mostrando que a plataforma continental possuiu concentração de clorofila-a notadamente maior em Junho quando comparada ao campo de Outubro e Março de 2007. Este padrão sugere relação com a retirada de água superficial observada na campanha de Junho, que pode ter sido capaz de disponibilizar nutrientes do fundo para regiões mais superficiais da coluna de água, favorecendo o processo de multiplicação do fitoplâncton.

Os resultados do campo hidrodinâmico apresentados neste trabalho sugerem que um processo de ascensão de água é possível de ocorrer sobre a plataforma do ES. Além disso, essa idéia vem ser reforçada pelas análises de Leal (2009) e Fernandes *et al.* (2007) sobre a comunidade planctônica da área de estudo e pelos trabalhos sobre ressurgência e frentes de densidade realizados por Schmid *et al.* (1994), Castelão & Bartk (2006) e Lorenzetti *et al.* (2009) próximos ou ao largo do estado. No entanto, os processos de ressurgência relatados

por estes últimos autores estavam ligados à ascensão da ACAS, que não foi encontrada na análise do campo termohalino da região de estudo deste trabalho. De forma contrária, os limites termohalinos avaliados marcam a presença de AT (Figura 5.1-1). Diante deste fato, o processo de ascensão de água sugerido pela circulação local da área de estudo, possivelmente, está vinculado a regiões ainda bastante rasas da plataforma, ocupada inteiramente por AT, não sendo possível o ressurgimento da ACAS. Se essa(s) for(em) a(s) causa(s) ou se existe ainda uma outra alternativa, esse conjunto de dados não permite uma resposta definitiva, sendo necessário estudos posteriores para avaliar esses aspectos.

5.3 Avaliação do Efeito Ilha

As feições geradas pela passagem de correntes marinhas através de ilhas, como as ilhas Rasas e Escalvada que são foco deste estudo, são, em geral, resultado de processos de instabilidades, responsáveis por gerar feições que adquirem vorticidade relativa e drenam energia do escoamento médio. Alguns estudos sobre este assunto já foram realizados utilizando como base o parâmetro \mathbf{P} , mas uma grande parte, se não todos, se reportam a Rupert Bay na Ilha de Beamer Rock – Escócia, e Rattary Island - Austrália. Dentre estes, pode ser citado o trabalho realizado por Neill & Elliott (2004), que encontraram valores de $\mathbf{P} = 60$ em condições semelhantes às deste trabalho. No estudo, o valor de \mathbf{P} foi calculado para uma ilha de aproximadamente 50 m de comprimento localizada em uma região com profundidades que variavam de 20 a 50 m.

A velocidade do escoamento (\mathbf{U}), o valor de \mathbf{K}_z e os respectivos valores de \mathbf{P} calculados para as ilhas Rasas e Escalvada estão listados na Tabela 5.3-1. A Tabela 5.3-2 lista a classificação do escoamento à sombra das ilhas de acordo com os valores de \mathbf{P} .

Como pode ser observado na Tabela 5.3-1, os valores de \mathbf{P} , tanto para a Escalvada quanto para as ilhas Rasas, foram idênticos para os três campos, mostrando que \mathbf{L} e \mathbf{H} ($= 25$ m) possuem maior expressividade no cálculo de \mathbf{P} em relação à \mathbf{K}_z e a \mathbf{U} .

Tabela 5.3-1: Valores de U , K_z e P para as ilhas Escalvada e Rasas.

Radial	Campo	U (ms^{-1})	$K_z - 0.003HU$ (m^2s^{-1})	P Ilha Escalvada - 248 m -	P Ilhas Rasas - 577 m -
2 (para a ilha Escalvada)	Junho	0.215	0.01612	33.60	--
	Março	0.239	0.01792	33.60	--
	Outubro	0.285	0.02137	33.60	--
9 (para as ilhas Rasas)	Junho	0.246	0.01845	--	14.44
	Março	0.366	0.02745	--	14.44
	Outubro	0.542	0.04065	--	14.44

Tabela 5.3-2: Valores de P e as respectivas características apresentadas em um escoamento real com a presença de ilhas. Fonte: Wolanski (1984).

Valores de P	Tipo de escoamento
$P \ll 1$	Fluxo laminar
$P = O(1)$	Modificação (<i>Wake</i>) estável
$P > 1$	Modificação (<i>Wake</i>) instável ou turbulenta
$P \gg 1$	Formação de vórtices

Wolanski *et al.* (1996) encontrou $P = 8$ para Rattary Island, considerando esse valor $\gg 1$, que concordou com a formação de vórtices observada em campo. Pattiaratchi *et al.* (1986) também encontraram concordância entre os valores calculados de P e imagens de satélite de sedimentos suspensos, concluindo que o parâmetro de ilha pode ser utilizado para descrever a modificação no escoamento de regiões costeiras onde há presença de ilhas.

Neste trabalho, de acordo com a comparação entre os valores calculados para P (Tabela 5.3-1) e a Tabela 5.3-2, tanto para as ilhas Rasas quanto para a Escalvada, $P \gg 1$. Este valor, de acordo com Wolanski (1984), reflete a possibilidade da formação de vórtices dentro da área de estudo, assim como exhibe a Figuras 5.3-1.

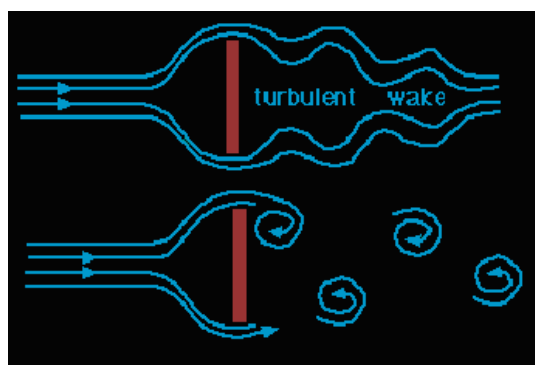


Figura 5.3.1: Exemplo da formação de vórtices após a passagem da corrente por um obstáculo. Fonte: Tomczak (1998).

Como avaliado nos mapas de distribuição horizontal do campo de correntes interpolado (item 5.1), é fato que as ilhas Rasas imprimem uma mudança notável na orientação dos vetores de velocidade, evidenciado novamente na Figura 5.3-2.

Neill & Elliott (2004) confirmaram a presença de vórtices pela observação da orientação dos vetores de velocidade ao longo da área de estudo, como pode ser visto na Figura 5.3-2. De forma semelhante, por meio da visualização do campo de vetores de velocidade encontrado neste trabalho, é provável que a desorientação dos vetores de velocidade reflitam a formação de vórtices à sombra das ilhas Rasas (Figura 5.3-2). Este fato se torna ainda mais claro quando é observada a modificação no campo de u e v , marcada pela mudança local na orientação das componentes (Figuras 5.3-3 a 5.3-5).

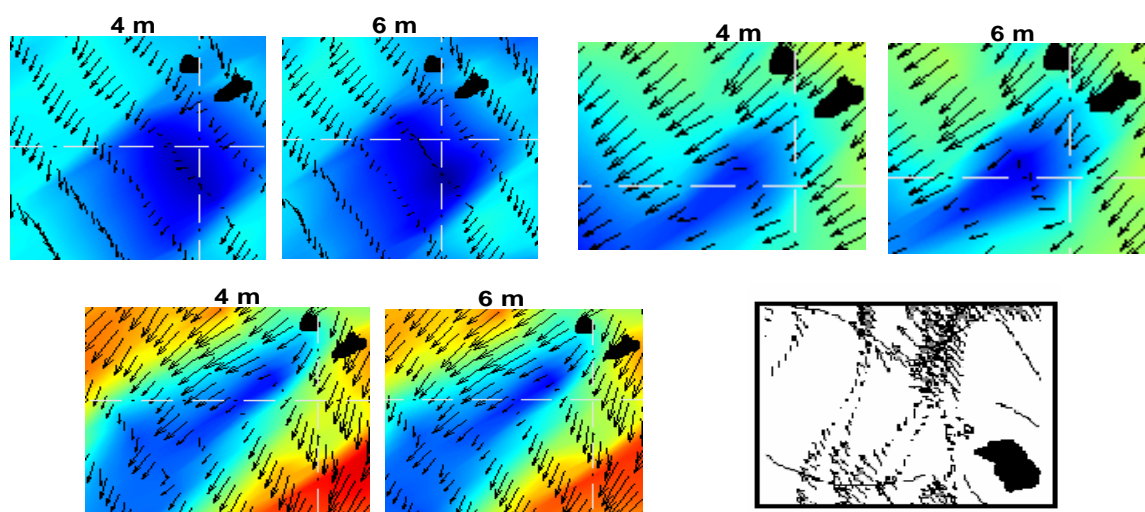


Figura 5.3-2: Efeito ilha gerado pelas ilhas Rasas para o campo de 23 de Junho de 2006 (superior esquerdo), 8 de Março de 2007 (superior direito), 26 de Outubro de 2007 (inferior esquerdo) e campo de correntes encontrado por Neill & Elliott (2004) (inferior direito).

O efeito gerado pela ilha Escalvada no escoamento da área de estudo se restringiu apenas a uma redução na magnitude da corrente ao seu entorno. No entanto, deve ser levado em conta que a coleta de dados deste trabalho pode não ter sido capaz de amostrar o efeito ilha gerado pela Escalvada, podendo estar ainda mais à frente da radial 1. Secundariamente, outro motivo que pode responder à falta do efeito ilha pode estar ligado à modificação no escoamento já imposta pelas Rasas.

Experiências em laboratório mostraram que ao se colocar um pequeno cilindro atrás de um anteparo maior, o obstáculo pequeno foi capaz de modificar completamente o escoamento após o cilindro maior, suprimindo os vórtices formados por este último. Como em regiões costeiras geralmente são encontradas várias ilhas, como neste caso, o escoamento formado à frente de cada uma pode interagir e mesmo suprimir a formação de *wakes* e vórtices (Tomczak, 1998).

O efeito ilha gerado pelas ilhas Rasas, como observado anteriormente no item 5.1, atingiram distâncias superiores a 4000 m para o campo de Junho, aproximadamente 2500 m em Março e em Outubro mais de 2000 m. De acordo com Hamer & Hauri (1981) vórtices gerados pela passagem das correntes através de ilhas podem alcançar distâncias de 10 a 15

vezes o tamanho das ilhas. Neste caso, considerando que as Rasas possuem um comprimento de 588 m, os vórtices poderiam atingir distâncias superiores a 5800 m.

Uma questão importante a ser avaliada se refere à dimensão destas estruturas na área de estudo. Uma tentativa de quantificar este dado foi realizada por Pattiaratchi *et al.* (1986), mas os autores não encontraram concordância com nenhuma das 4 ilhas avaliadas. Dessa forma, uma alternativa para estimar a dimensão dos vórtices observados dentro da área de estudo foi através da distribuição vertical das componentes u e v .

Em Junho, de acordo com a distribuição da componente v , mostrada novamente na Figura 5.3-3, a estrutura ressaltada na radial 8 possuía aproximadamente 800 m de extensão.

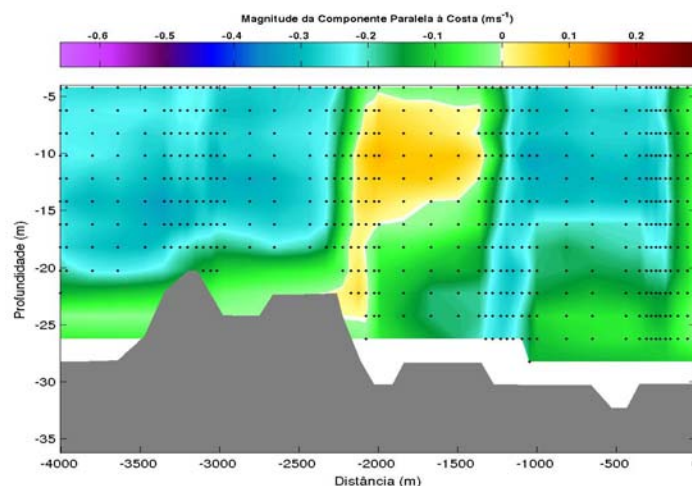


Figura 5.3-3: Componente paralela à costa para a radial 8 para o campo de Junho de 2006. Em destaque, no centro, feição gerada pelas ilhas Rasas.

É importante ressaltar que devido à resolução temporal de medição dos dados não ser compatível com a velocidade de propagação dos vórtices ao longo da área de estudo, estas feições não foram encontradas em todas as radiais para os três conjuntos de dados. Exemplo deste fato está evidenciado nas distribuições de u para os dados de Março de 2007, apresentados na Figura 5.3-4, onde é possível ver a mudança no escoamento provocada pelas ilhas Rasas nas radiais 5 e 6, mas nas radiais 7 e 8 esse fenômeno não foi visível.

Em Março o tamanho do vórtice chegou a atingir mais de 2200 m, como pode ser observado na Figura 5.3-4, que exibe a componente u para as radiais 5 e 6.

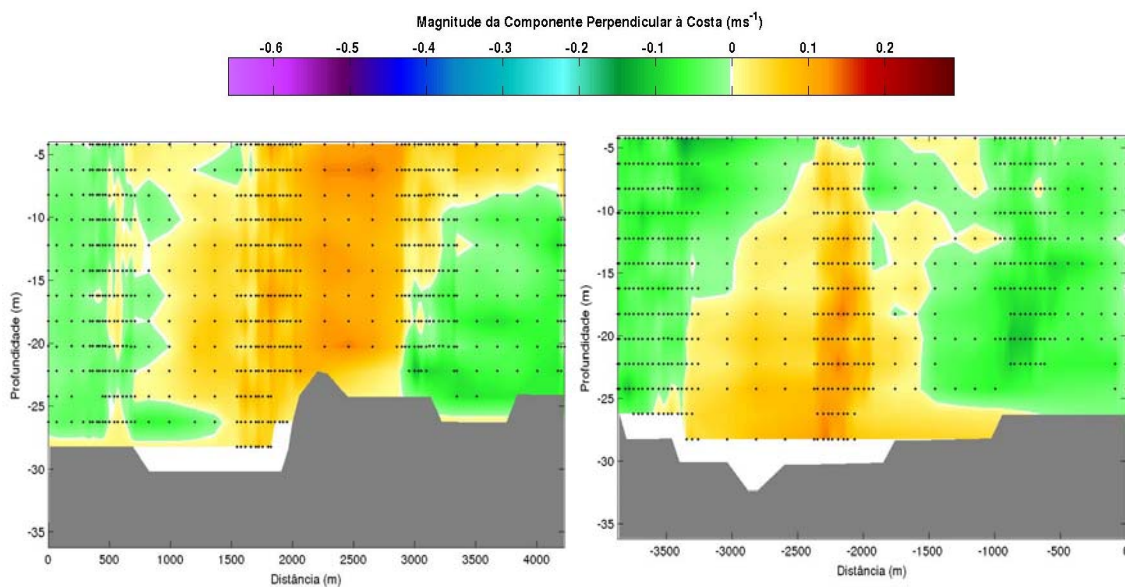


Figura 5.3-4: Radiais 5 e 6 para o campo de Março de 2007 evidenciando modificação imposta pelas ilhas Rasas na distribuição vertical de u .

Em Outubro é possível identificar mais marcadamente na distribuição de u para a radial 8 (Figura 5.3-5) a feição gerada pelas Rasas, com aproximadamente 900 m de diâmetro.

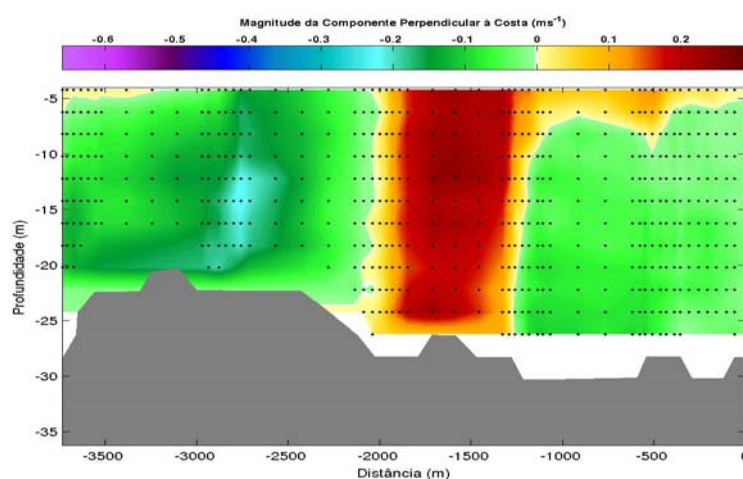


Figura 5.3-5: Distribuição de u para a radial 8 para o campo de Outubro de 2007.

A desorientação dos vetores de velocidade observada na distribuição horizontal de correntes e na mudança de orientação de u e v sugerem rotação, o que significa que é possível que velocidades verticais, positivas ou negativas, dependendo do sentido de rotação dos vórtices, estejam sendo geradas ao longo da área de estudo, determinando regiões de alta turbulência e mistura. De acordo com Neill e Elliott (2004), medidas de velocidade vertical em regiões à sombra de ilhas são raras, os dados existentes são oriundos de modelagem ou estimados pela visualização de traçadores.

Segundo Hamer & Hauri (1981) a água oriunda de regiões de *upwelling* em ilhas pequenas provavelmente não possuem residência suficientemente longa para estimular o aumento da produtividade, mas para ilhas maiores o enriquecimento local é significativo.

A avaliação do campo de sedimentos através de imagens de sonar de varredura lateral realizada na área de estudo por Bastos *et al.* (2007) mostrou que na região onde foi observado o efeito ilha havia predominância de sedimentos mais finos relativamente ao restante da área. Esse fato pode ser interpretado como uma perda de energia da corrente que se traduziu na dificuldade em transportar os sedimentos adiante, depositando-os ao longo do seu percurso.

O padrão sonográfico citado anteriormente está evidenciado na Figura 5.3-6, que exhibe o padrão homogêneo de baixa reflexão (manchas azuis) somente na região central entre as ilhas Rasas e Escalvada. De acordo com o padrão de reflexão e as amostras de sedimento, este local foi caracterizado pela presença de areias finas. O restante da área apresentou padrões de reflexão diferenciados, incluindo a presença de cascalho biodetrítico, substrato duro e elevado e a presença de marcas de ondas.

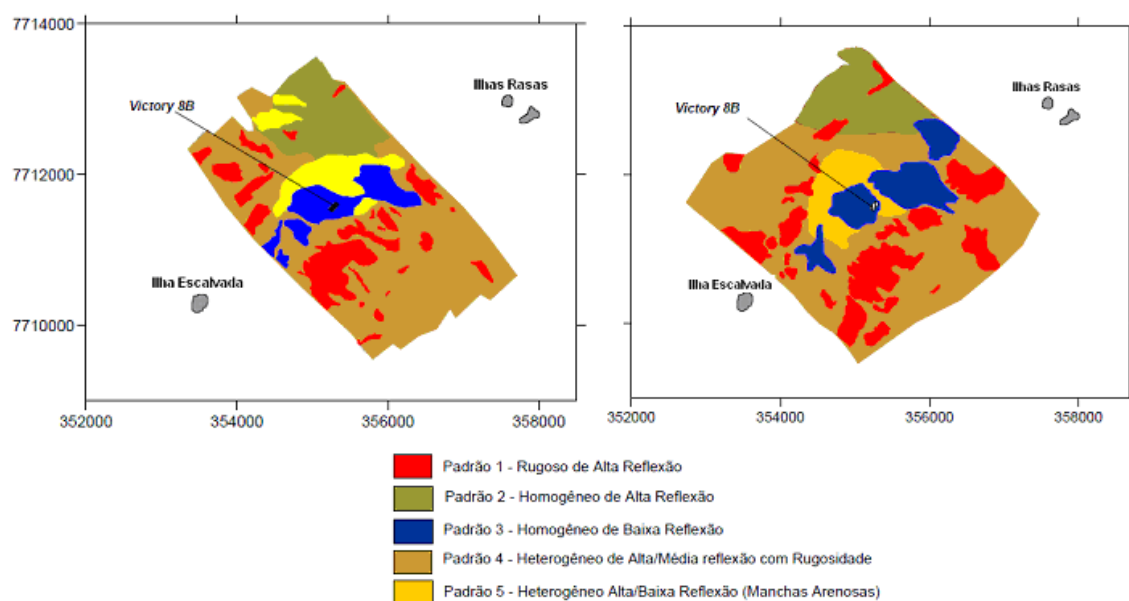


Figura 5.3-6: Padrões sonográficos entre as ilhas Rasas e Escalvada para os dias 8 de Março de 2007 e 18 de Outubro de 2006, respectivamente. Fonte: Bastos *et al.* (2007).

5.4 Avaliação das Correntes de Maré sobre o Escoamento

Anteriormente à retirada do sinal da maré dos dados da corrente total coletada para as três campanhas, como descrito no item 4, foi realizada uma análise para estimar a representatividade das correntes de maré sobre o escoamento. Este procedimento foi realizado por meio da comparação entre as componentes N-S e E-W da corrente de maré dada pelo modelo numérico e da corrente medida.

A oscilação do nível da água registrada pelo marégrafo do porto de Ubú durante o período de coleta para cada campo está retratada na Figura 5.4-1. Observe que em 23 de Junho de 2006 e em 26 de Outubro de 2007 os dados foram coletados em períodos idênticos, englobando um período de estufa e, posteriormente todo um período de vazante. Em 8 de Março de 2007 todo o período de coleta englobou o final de uma vazante e início de uma cheia.

É importante ressaltar que não foram observadas diferenças expressivas em termos de direção e intensidade de corrente entre a primeira e a última radial que correspondesse ao ciclo da maré durante o período de coleta.

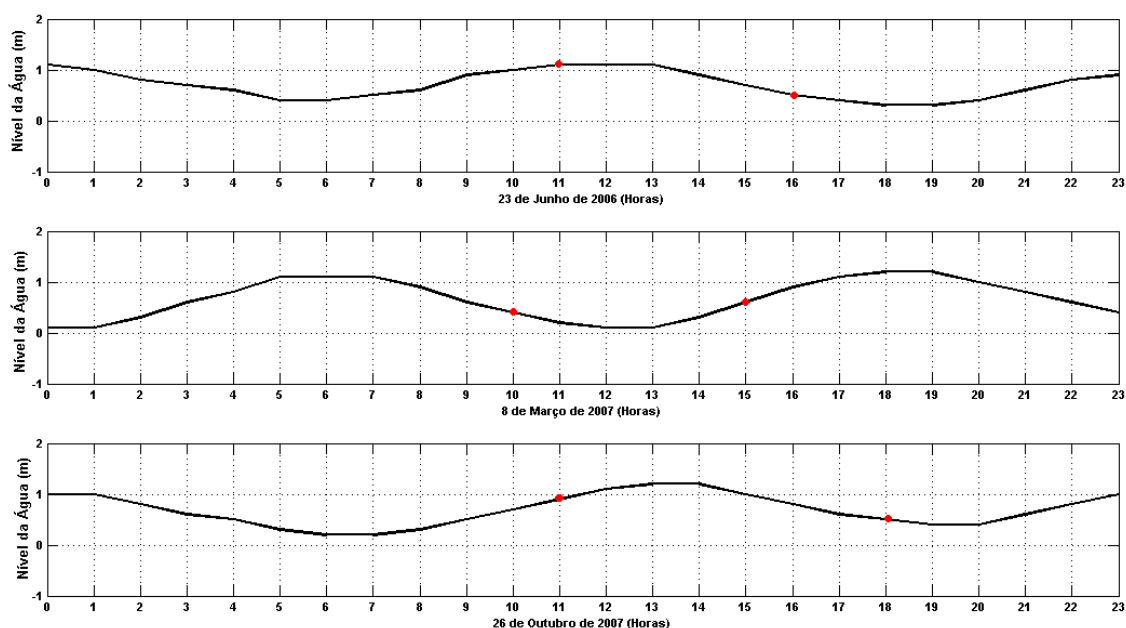


Figura 5.4-1: Oscilação do nível da água durante as coletas dos dias 23 de Junho de 2006, 8 de Março de 2007 e 26 de Outubro de 2007. Os pontos vermelhos marcam o início e o fim das coletas. Fonte de dados: estação maregráfica do Porto de Ubú.

Os resultados mostraram que para o campo de Junho as componentes E-W e N-S das correntes de maré representaram, respectivamente, de 1.0 a 34.0% e 1.4 a 21.0% em relação a corrente total. Para o mês de Março esses valores oscilaram em torno de 4.0 a 26.0% e de 1.5 a 25.0%. Já para os dados de corrente do campo de Outubro a contribuição das correntes de maré em relação ao escoamento médio oscilou em torno de 4.7 a 32.0% para a componente E-W e de 2.0 a 34.0 % para a componente N-S.

Mazzini (2009) constatou em seu estudo sobre a plataforma ao largo de Peruíbe (SP) e São Sebastião (SP) que as componentes normais são dominadas por frequências suprainerciais como a maré, responsáveis por 69% a 85% da variância da componente, enquanto que para componente N-S estes valores se reduziam para 34 a 40%. Alvez (1992) e Castro (1996) encontraram valores ainda menores que os de Mazzini (2009), estando em torno de 40 a 50% para a componente E-W, 20% para a componente N-S e de 43% para E-W e 12% para a componente N-S, respectivamente.

As diferenças entre os resultados numéricos encontrados neste estudo e nos estudos de Mazzini (2009), Alves (1992) e Castro (1996), possivelmente, refletem as diferenças na topografia e linha de costa entre os diferentes locais avaliados e também não pode ser desprezado o fato de os dados de maré utilizados neste trabalho serem oriundos de modelagem numérica.

O modelo numérico utilizado para representar a maré considerou fundo alisado e escoamento barotrópico. Mesmo com essas aproximações foi constatado que os dados representaram satisfatoriamente as mudanças de fase da maré para os três dias de coleta. No entanto, o modelo apresentou instabilidades em regiões que englobaram a área de estudo, não sendo possível determinar a direção do giro da elipse de maré, por exemplo.

6 CONCLUSÕES

- O campo hidrodinâmico apresentado para a coleta de 26 de Outubro de 2007 (média de 0.28 m.s^{-1}) se mostrou mais intenso do que os campos dos dias 8 de Março de 2007 (0.21 m.s^{-1}) e 23 de Junho de 2006 (0.19 m.s^{-1}). No entanto, todos se mostraram orientados para SW.
- O direcionamento da componente u para os campos de Junho de 2006 e Outubro de 2007 evidenciou um padrão semelhante ao encontrado em regiões com fenômenos de ascensão de água, dividindo o oceano em duas camadas, sendo a mais superficial direcionada ao oceano e a mais profunda à costa.
- A rotação ciclônica dos vetores de corrente encontrada nos dados de Junho e Outubro também sugere concordância com processos de ascensão de água, assim como observado sobre a plataforma de Cabo Frio.
- O campo hidrodinâmico apresentado no dia 8 de Março de 2007 se apresentou uniforme em termos de direção ao longo de toda a coluna de água, refletindo possivelmente, a sobreposição de uma forçante, como gradientes de densidade, à forçante do vento.
- O efeito ilha foi provado por meio das observações do campo de correntes horizontal, da distribuição vertical das componentes u e v e através da comparação com outros trabalhos.
- A associação do valor do parâmetro P ao campo hidrodinâmico correspondeu ao observado. Os valores de $P = 33.6$ para a ilha Escalvada e 14.4 para as ilhas Rasas foi considerado $P \gg 1$, concordando com a formação de vórtices, observada na área de estudo pela desorientação dos vetores de velocidade e orientação das componentes u e v .

7 TRABALHOS FUTUROS

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar a circulação sobre uma área da plataforma interna do estado do Espírito Santo, onde a hidrodinâmica marinha é tão pobremente conhecida. No entanto, os dados utilizados para atingir esse objetivo corresponderam a um período de coleta de aproximadamente 5 horas diária para cada campo. Utilizando-se de dados quase-sinóticos não é possível determinar com exatidão os processos e forçantes responsáveis pela formação da corrente observada. Dessa forma, uma série temporal de dados de corrente seria necessária para melhor avaliar quais são as forçantes que agem sobre a plataforma interna e qual a contribuição de cada uma na formação dessas correntes.

8 REFERÊNCIAS

Albino, J.; Vale, C. C. & Gomes, R. C. **Modelagem, Monitoramento, Erosão e Ocupação Costeira**: Descrição Climática do Litoral do Espírito Santo. Vitória: Instituto do Milênio/Recos, 2004.

Alves, M. A. **Correntes de Maré e Inerciais na Plataforma Continental ao Largo de Ubatuba (SP)**. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1992

Bastos, A. C.; Cetto, P. H.; Veronez Jr., P. & Moscon, D. M. **6º Relatório de Monitoramento Ambiental do Projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Victory 8B**. Cap. 5: Estudo Morfológico; Vitória: Departamento de Ecologia e Recursos Naturais (DERN), Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

Bastos, A. C.; Moscon, D. M. C. & Mill; G. N. **6º Relatório de Monitoramento Ambiental do Projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Victory 8B**. Cap. 4: Estudo Sedimentológico; Vitória: Departamento de Ecologia e Recursos Naturais (DERN), Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

Castelão, R. M. & Barth, J. A. Upwelling around Cabo Frio, Brazil: The importance of Wind stress curl. **Geophysical Research Letters**, 33, L03602. 2006.

Castro, B.M. **Subtidal response to wind forcing in the South Brazil Bight during winter**. Tese de Doutorado em Oceanografia Física. Rosentiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, 1985.

Castro, B. M., Miranda, L.B. & Miyao, S.Y. Condições Hidrográficas na Plataforma Continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. Bolm. Inst. Oceanogr., São Paulo, 35(2): 135-151. 1987.

Castro, B. M. & Miranda, L. B. Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf Located between 4°N and 34°S. In: Robinson, A. R. & Brink, K. H. (Eds.): **The Sea**, 11: New York, 1998.

Castro, B. M. **Correntes e Massas de Água da Plataforma Continental Norte de São Paulo**. Tese de Livre-Docência. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 237p. 1996.

Clarke, A. J. The dynamics of barotropic tides over the continental shelf and slope. In: **Tidal Hydrodynamics**, Parker, B. B. (org), Ed. Wiley and Sons, 79-108. 1991.

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml#39>. 2010.

Dias Jr., C.; Lima, B. C. R.; Oliveira, F. R. A. **6º Relatório de Monitoramento Ambiental do Projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Victory 8B**. Cap. 7: Estudo da Comunidade Fitoplanctônica; Vitória: Departamento de Ecologia e Recursos Naturais (DERN), Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

Emery, W & Thomson, R. E. **Data Analysis Methods in Physical Oceanography**. 2 ed. Elsevier Publishing Company. 2001.

Emilson, I. The shelf and coastal waters off Southern Brazil. Bolm. Inst. Oceanogr. 17(2), 101–112. 1961.

FEMAR – Fundação de Estudos do Mar. Disponível em: <http://www.fundacaoofemar.org.br/>. 2009.

Fernandes, L. F. L.; Gualandi, R. L. S.; Nunes, R. A.; Amaral, T. S. & Ferreira, M. M. **6º Relatório de Monitoramento Ambiental do Projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Victory 8B**. Cap. 8: Estudo da Comunidade Zooplancônica; Vitória: Departamento de Ecologia e Recursos Naturais (DERN), Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

Furukawa, K. & Wolanski, E. Shallow-water Frictional Effects in Island Wakes. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 46, 599-608. 1998

Garcia, A. N.; Agostini, D. P. & Sabaini, R. S. **1º Relatório de Monitoramento Ambiental do Projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Victory 8B**. Cap. 1: Monitoramento Ambiental Victory 8B; Vitória: Departamento de Ecologia e Recursos Naturais (DERN), Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

Ghisolfi, R. D.; Gualtolini, P. B. & Fonseca, S. A. **6º Relatório de Monitoramento Ambiental do Projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Victory 8B**. Cap. 2: Estudo do Campo Termohalino; Vitória: Departamento de Ecologia e Recursos Naturais (DERN), Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

Ghisolfi, R. D. & Toffoli, M. R. **6º Relatório de Monitoramento Ambiental do Projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Victory 8B**. Cap. 3: Estudo dos Processos Dinâmicos; Vitória: Departamento de Ecologia e Recursos Naturais (DERN), Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

Guaitolini, P. B. **Análise das Correntes Marinhas na Região da Plataforma Interna de Gurapari** – ES. Monografia – Graduação em Oceanografia. Departamento de Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo. 2007.

Hamer, W. M. & Hauri, I. R. Effects of island mass: Water flow and plankton pattern around a reef in the Great Barrier Reef lagoon, Australia. **Limnology and Oceanography**. 26(6), p.1084-1102. 1981

Ingram, R.G. & Chu, V.H., Flow Around Islands in Rupert Bay: An Investigation of the Bottom Friction Effect. **Journal of Geophysical Research**. 92, no. C13, 14,521-14,533. 1987.

Joyeux, J. C. & Brilhante, V. C. **6º Relatório de Monitoramento Ambiental do Projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Victory 8B**. Cap. 9: Estudo da Comunidade Ictioplanctônica; Vitória: Departamento de Ecologia e Recursos Naturais (DERN), Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

Köppen, W. **Climatologia como un Estudio de los Climats de la Tierra**. Fondo de Cultura Económica. México, 1948.

Lemos, A. T. **Modelagem Numérica da Maré Barotrópica na costa do Espírito Santo**. Monografia. Graduação em Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo. 2006.

Leal, P. R. **Variações quantitativas do Fitoplâncton, com Ênfase na Importância e contribuição das Cianobactérias Picoplanctônicas, em uma Região Marinha de Águas Oligotróficas Intermediárias Tropicais, Guarapari – ES**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2009.

Leite, J. R. **Correntes na Plataforma Continental ao largo de Arraial do Cabo (RJ): medições com perfilador acústico (ADCP)**. Dissertação de Mestrado em Oceanografia Física. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

Lorenzzetti, J. A; Stech, J, Mello Filho, W. L. & Assireu, A. T. Satellite observation of Brazil Current inshore thermal front in the SW South Atlantic: Space/time variability and sea surface temperatures. **Continental Shelf Research**. 29, 2061-2068. 2009.

Mächel, H.; Kapala, A. & Flohn, H. Behaviour of the Centres of Action Above the Atlantic since 1881. Part I: Characteristics of Seasonal and Interannual Variability. **Int. J. of Climatology**, 18, 1-22. 1998.

Mascarenhas, A. S., Miranda, L. B. & Rock, N. J. A study of oceanographic conditions in the region of Cabo Frio (RJ). The Fertility of the Sea, J.D. Costlow, ed., Vol. 1. Gordon and Breach Co., New York, 285-308. 1971.

Mazzini, P. L. F. **Correntes Subinerciais na Plataforma Continental Interna entre Peruíbe e São Sebastião**. Dissertação de Mestrado em Oceanografia Física. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2009.

Menezes, G. S. C. **Modelagem de Correntes Residuais na Baía do Espírito Santo**. Monografia – Graduação em Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo. 2005.

Mesquita, A. F. Marés, **Circulação e Nível do Mar na Costa Sudeste do Brasil**. Documento preparado para a Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1997.

Mill, G. N. **Avaliação do Transporte de Sedimentos na Área de Afundamento do Recife Artificial Marinho Victory 8B, Guarapari – ES.** Monografia – Graduação em Oceanografia. Departamento de Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2006

Moscon, D. M. C. **Estudo das manchas areneas – Sand Patches – na Plataforma Interna do Espírito Santo Através de Levantamento Sonográfico e Testemunhagem.** Monografia - Graduação em Oceanografia. Departamento de Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2006

Neill, S. P. & Elliott, A. J. In situ measurements of springneap variations to unsteady island wake development in the Firth of Forth, Scotland. **Estuarine, Coastal and Shelf Science.** 60, 229-239. 2004

Neill, S. P. & Elliott, A. J. Observations and simulations of an unsteady island wake in the Firth of Forth, Scotland. **Ocean Dynamics.** 54, 324-332. 2004

Neill, S. P. The role of Coriolis in sandbank formation due to a headland/island system. **Estuarine, Coastal and Shelf Science.** 79, 419-428. 2008.

Neto, R. R.; Gaigher, L. P.; Pavani, F. C; Oliveira, C. M. S.; Costa, E. S. C.; Flores, R. M & Andrade, R. R. **6º Relatório de Monitoramento Ambiental do Projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Victory 8B.** Cap. 6: Estudo Químico; Vitória: Departamento de Ecologia e Recursos Naturais (DERN), Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

Nimer, E. **Climatologia do Brasil.** 2. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

Nunes, A. L. **Determinação das Marés Meteorológicas na Região da Baía do Espírito Santo e sua Influência na Drenagem de Águas Continentais**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. 2007.

Oliveira, F. R. A. **Caracterização da Comunidade Fitoplanctônica em uma área de Recifes artificiais Marinhos**. Monografia – Graduação em Oceanografia. Departamento de Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo. 2005.

Passos, L. G. **Simulação da Maré na Margem Continental da Região Localizada entre as Latitudes 15,8°S e as Longitudes 34°W a 41°W**. Monografia – Graduação em Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo 2008.

Pattiaratchi, C.; James, A. & Collins, M. Island Wakes and headland eddies: A comparison between remotely sensed data and laboratory experiments. **Journal of Geophysical Research**, Vol. 92, nº. C1, p. 783-794. 1986.

Pereira, A. F.; Belém, A. L.; Castro, B. M. & Geremias, R. Tide-topography interaction along the eastern Brazilian shelf. **Continental Shelf Research**. São Paulo, 25, Issue 12-13, p. 1521-1539. 2005.

RD Instruments. Disponível em:

http://www.rdinstruments.com/datasheets/ocean_surveyor_ds_lr.pdf. 2010.

Rigo, D. **Análise do Escoamento em Regiões Estuarinas com Manguezais - Medições e Modelagem na Baía de Vitória, ES**. Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2004.

Schmid, C. H.; Schafer, H.; Podesta, G. & Zenk, W. The Vitória Eddy and its relation to the Brazil Current. **Journal of Physical Oceanography**, 25(11), 2532–2546. 1995.

Silva, P.C.M. Upwelling and its biological effects in southern Brazil. Fertility of the Sea, **J.D. Costlow**, ed., Vol. 1. Gordon and Breach, New York: 469-474. 1971

Silva, P. C. M. & Rodrigues R. F. **Modificações na Estrutura Vertical das Águas sobre a Borda da Plataforma Continental por Influência do Vento**. Nota Técnica Instituto de Pesquisa do Mar., 35: 1-13. 1996.

Souza, P. M. G. **Análise da Variação no Padrão de Sedimentação da plataforma Continental Interna entre as Ilhas Escalvada e Rasas, Guarapari (ES)**. Monografia. Graduação em Oceanografia. Departamento de Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2007.

Stech, J. L. & Lorenzzetti, J. A. The response of the South Brazil Bight to the passage of wintertime cold fronts. **Journal of Geophysical Research**, 97, n.C6: 9507-9520. 1992.

Toffoli, M. R. **Análise Tridimensional de Correntes na Região de Afundamento do Victory 8B, Guarapari – ES**. Monografia - Graduação em Oceanografia. Departamento de Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo. 2006.

Tomczak, M. **Shelf and Coastal Oceanography**. Cap.7: Island wakes in deep and shallow water. In: <http://www.lei.furg.br/ocfis/mattom/ShelfCoast/chapter07.html>. 1998

Stewart, R. H. **Introduction to Physical Oceanography**. Cap. 8: Equations of Motion with Viscosity. Disponível em: http://oceanworld.tamu.edu/resources/ocng_textbook/contents.html. 2009.

Tomczak, M. Island wakes in deep and shallow water. **Journal of Geophysical Research**, **93**, 5153 - 5154. 1998.

Tseng, R. S. On the Dispersion and Difusion Near Estuaries and Around Islands. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 54, 89-100. 2001.

Veronez Jr., P. **Identificação dos Processos Sedimentares Associados ao Recife Artificial Marinho Victory 8B, Guarapari – ES**. Monografia. Graduação em Oceanografia. Departamento de Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2005.

Wolanski, E.; Imberger, J. & Heron, M. L. Island wakes in shallow coastal waters. **Journal of Geophysical Research**. 89, 10553-10569. 1984.

Wolanski, E.; Asaeda, T.; Tanaka, A. & Deleersnijder, E. Three-dimensional island wake in the field, laboratory experiments and numerical models. **Continental Shelf Research**, Vol. 16, No. 11, p. 1437-1452. 1996.

ANEXO

Tabela A-1: Valores médios da magnitude e direção da corrente por profundidade para os três conjuntos de dados avaliados. A última coluna lista a média geral de toda a área amostrada.

<i>Magnitude Média da Corrente em Junho (ms^{-1}) por profundidade (m)</i>											<i>Média Geral</i>
4.23	6.23	8.23	10.23	12.23	14.23	16.23	18.23	20.23	22.23	24.23	
0.21	0.2	0.21	0.21	0.21	0.22	0.2	0.2	0.17	0.16	0.14	0.19 ms^{-1}
<i>Magnitude Média da Corrente em Março (ms^{-1}) por profundidade (m)</i>											
4.23	6.23	8.23	10.23	12.23	14.23	16.23	18.23	20.23	22.23	24.23	
0.23	0.26	0.24	0.24	0.23	0.22	0.2	0.2	0.2	0.18	0.17	0.21 ms^{-1}
<i>Magnitude Média da Corrente em Outubro (ms^{-1}) por profundidade (m)</i>											
4.23	6.23	8.23	10.23	12.23	14.23	16.23	18.23	20.23	22.23	24.23	
0.3624	0.3551	0.336	0.3256	0.3041	0.2983	0.278	0.2581	0.2385	0.211	0.1972	0.28 ms^{-1}
<i>Direção Média da Corrente em Junho ($^{\circ}$) por profundidade (m)</i>											
4.23	6.23	8.23	10.23	12.23	14.23	16.23	18.23	20.23	22.23	24.23	
185	193	200	207	213	220	227	235	240	247	255	220.18 $^{\circ}$
<i>Direção Média da Corrente em Março ($^{\circ}$) por profundidade (m)</i>											
4.23	6.23	8.23	10.23	12.23	14.23	16.23	18.23	20.23	22.23	24.23	
222	223	223	223	224	224	223	224	223	224	223	223.27 $^{\circ}$
<i>Direção Média da Corrente em Outubro ($^{\circ}$) por profundidade (m)</i>											
4.23	6.23	8.23	10.23	12.23	14.23	16.23	18.23	20.23	22.23	24.23	
203	208	213	219	225	230	234	237	240	242	248	227.18 $^{\circ}$

Tabela A-2: Magnitude média das componentes u e v , por profundidade, para os três conjuntos de dados avaliados. Além do valor médio a última coluna lista a média geral de toda a área amostrada. Os valores negativos de u representam direção *onshore* e positivos *offshore*. Os valores negativos de v indicam direção para Sul e quando positivos para Norte.

<i>Média de u Junho (ms^{-1})</i>											<i>Média Geral</i>
4.23	6.23	8.23	10.23	12.23	14.23	16.23	18.23	20.23	22.23	24.23	
-0.03	-0.05	-0.07	-0.10	-0.13	-0.15	-0.17	-0.17	-0.17	-0.16	-0.15	-0.12
<i>Média de u Março (ms^{-1})</i>											
4.23	6.23	8.23	10.23	12.23	14.23	16.23	18.23	20.23	22.23	24.23	
-0.19	-0.18	-0.17	-0.16	-0.15	-0.15	-0.14	-0.13	-0.13	-0.12	-0.11	-0.15
<i>Média de u Outubro (ms^{-1})</i>											
4.23	6.23	8.23	10.23	12.23	14.23	16.23	18.23	20.23	22.23	24.23	
-0.16	-0.18	-0.20	-0.20	-0.22	-0.22	-0.21	-0.20	-0.19	-0.18	-0.17	-0.19
<i>Média de v Junho (ms^{-1})</i>											
4.23	6.23	8.23	10.23	12.23	14.23	16.23	18.23	20.23	22.23	24.23	
-0.21	-0.20	-0.20	-0.20	-0.19	-0.18	-0.15	-0.12	-0.09	-0.06	-0.04	-0.15
<i>Média de v Março (ms^{-1})</i>											
4.23	6.23	8.23	10.23	12.23	14.23	16.23	18.23	20.23	22.23	24.23	
-0.18	-0.18	-0.18	-0.17	-0.16	-0.16	-0.15	-0.14	-0.15	-0.13	-0.13	-0.16
<i>Média de v Outubro (ms^{-1})</i>											
4.23	6.23	8.23	10.23	12.23	14.23	16.23	18.23	20.23	22.23	24.23	
-0.32	-0.3	-0.26	-0.24	-0.21	-0.19	-0.16	-0.14	-0.13	-0.11	-0.1	-0.19